

G&U

Ground and Underground

2006.Vol.1

創刊号

性能規定化の動向と マンホールふた

特集

01 技術広報誌の発刊にあたって

株式会社G&U技術研究センター所長 中川 幸男

02 G&U技術研究センターに期待する

財団法人 下水道新技術推進機構専務理事 谷戸 善彦氏
社団法人 日本下水道協会理事長 安中 徳二氏

**特集 性能規定化の動向と
マンホールふた**

06 1.性能規定とはどういったものなのか

独立行政法人土木研究所材料地盤研究グループ長 河野 広隆氏

14 2.マンホールふたの性能規定を考える

G&U技術研究センター 常務取締役 田中 博



34 3.性能規定化へ向かうための問題点と現状

東京工業大学名誉教授／東北工業大学建築学科教授 小野 英哲氏

40 4.下水管路の地震対策と性能規定

元長岡技術科学大学環境・建設系教授 藤田 昌一氏

48 interview1 舗装における性能発注とこれからの課題

株式会社NIPPOコーポレーション技術開発部長 渡辺 雅夫氏

56 interview2 維持管理から見た下水管路の現状と課題

管清工業株式会社代表取締役社長 長谷川 健司氏

聞き手／中川 幸男(G&U技術研究センター所長)

技術広報誌の発刊にあたって

株式会社G&U技術研究センター所長 中川 幸男

(株)G&U技術研究センターは、本年4月より本格的な活動を開始することとなった。当センターは、「マンホール」に関する技術開発、試験検証、コンサルティング、教育研修、普及啓発の諸活動を通じて、市民生活の安全性の向上と関連業界のレベルアップに貢献することを目指している。

マンホールに関し、このように総合的な活動を行うセンターは、国内では初めてのものであり、世界的にも珍しい存在である。下水道全般に関しては、公的試験研究・研修機関として、独立行政法人土木研究所、日本下水道事業団、日本下水道協会などがあり、民間にも機械メーカー、コンサルタントなどの企業内研究所があるが、マンホールに関連する複数の業界を横断的に包括する活動域をもつ「総合センター」は前例が無い。特定のメーカーに属さない「自立した」センターとして、関連業界のレベルアップを図り、マンホールの安全性向上に寄与しようとするものである。

各製造メーカーにとって、新技術の開発、品質管理のための試験検証、社員の教育、情報開示などは、企業の質的レベルアップと

成長維持のためには、必要不可欠であると認識しながらも、十分な投資が出来ないのが実状である。

当センターは、誰にでも「開かれた」センターとして、各種の施設を駆使し、関連業界ばかりではなく、一般市民にも、「役に立つ」センターとなることを願うものである。

今回創刊される技術広報誌は、当センターの活動の1つである普及啓発活動の一環として発刊するものである。定期的に新技術情報、興味ある話題等を広範囲に、多角的に取り上げ、関係者や専門家の考え方、意見等を易しく、読みやすく編集することとしている。マンホールばかりではなく下水道全般についての理解が深まるることを期待するものである。

創刊号のテーマは、「性能規定」である。いろいろな分野で、「仕様規定」から性能規定に転換が進みつつある。固定的な仕様規定から、柔軟かつ進歩的な性能規定への転換は、新技術を導入する観点からは避けて通れない道であるが、問題点も多いのが現実である。読後の感想をお聞かせ頂ければ幸いである。

「G&U技術研究センターに期待する」

(財)下水道新技術推進機構専務理事(前国土交通省下水道部長) 谷戸 善彦氏

G&U技術研究センターが設立され、いよいよ本格的に業務をスタートされること、誠におめでとうございます。

下水道は、国民生活において、「安全・安心」「環境」「暮らし・活力」の3つの使命を果たすべく、全国で積極的に事業の推進がはかれています。下水道の進捗の結果、現在、全国の下水道管の延長は、約40万kmに達しています。管路の延伸につれ、マンホールの数も増加し、現在その数は一千数百万箇所となっています。マンホールの蓋は、地上と地下を結ぶ接点となっており、下水道システムにとっては、地上の顔であり、地下との連絡口であります。雨天時、下水道管に雨水が大量に流入したときのマンホール蓋の浮上への対応、道路面でのスリップ等への対応、地震時のマンホールそのものの浮上への対応等、マンホール及びマンホール蓋に関連した「安全安心への取り組み」は多岐にわたり、かついずれも人の命に関わる重要な課題であります。

また、一方では、「マンホール蓋に通信機を設置して目の不自由な方々への誘導電波の発信基地にできるのでは」等、新たな発展の可能性についても研究が始まっています。こうしたマンホールに係る多くの課題を解決すべく、新たに設立されたG&U技術研究セン

ターへの期待は誠に大きなものがあります。実証実験等を踏まえての客観的な検証・評価、最適なソリューションの提供、調査研究、教育研修、種々の情報発信等においてG&U技術研究センターが大きな役割を果たされるものと思います。マンホールに関する「世界一のシンクタンク」として、活躍されますことを心から祈念しております。

特に、今までは、実施設を使用した水理実験、浮上試験、荷重試験を行う機関、施設がほとんどなく、実規模実験を通じての実務的な検証が非常に難しい状況でした。今回設立された技術研究センターでは、輪荷重走行試験機、200t荷重試験機、浮上試験機、スリップ評価試験機等すばらしい試験・検証設備が整っていると聞いており、これらを使用して、大学、企業、国、地方自治体、下水道関係法人等との共同研究等により、今までなしえなかったすばらしい研究を実施することが可能となり、多くの成果が生まれるものと期待しております。

最後になりますが、G&U技術研究センターの今後の発展を祈念いたしまして、設立のお祝いの挨拶とさせていただきます。

(社)日本下水道協会理事長 安中 徳二氏

マンホールに関する様々な問題について客観的な立場から検証・評価を行うとともに技術の開発や教育研修等、多目的な活動を行うことを目的としたG&U技術研究センターがこのほど竣工し、開所の運びとなりましたことに対し、お祝い申し上げます。

昭和40年代になって本格化したわが国の下水道整備は平成16年度末で全国平均の普及率が68.1%となるなど急速に発展し、全国に張りめぐらされた管路の総延長は37万kmに達しております。申すまでもなく、マンホールは管理等のために管路上に一定間隔で設置されるのですが、関係者は事業の急速な伸びの中でマンホールの適切な管理を行って下水道事業の円滑な発展に貢献してきました。併せて、ほとんどすべてが地中に埋設されて見えなくなりがちな下水道を、わずかに見えるマンホール蓋のデザインに工夫を凝らして住民へのPRに努めてこられました。これまでの関係者のご努力に対し改めて敬意を表する次第です。一方、当初は単純なコンクリート蓋、鉄蓋からスタートした蓋の技術も、交通事情など都市の変化に伴って要求が高度化し、蓋の破損や摩耗に耐えられる強度のものが求められる、ガタツキによる騒音が発生しないものが要請される、などを背景に、材料構造

ともに改良が重ねられ、その進歩には目を見張るものがあります。また、近年では、雨天時に蓋が浮上、飛散することによる転落事故を防止するための対策が要請されるなど、安全性を重視した高機能のものが求められております。

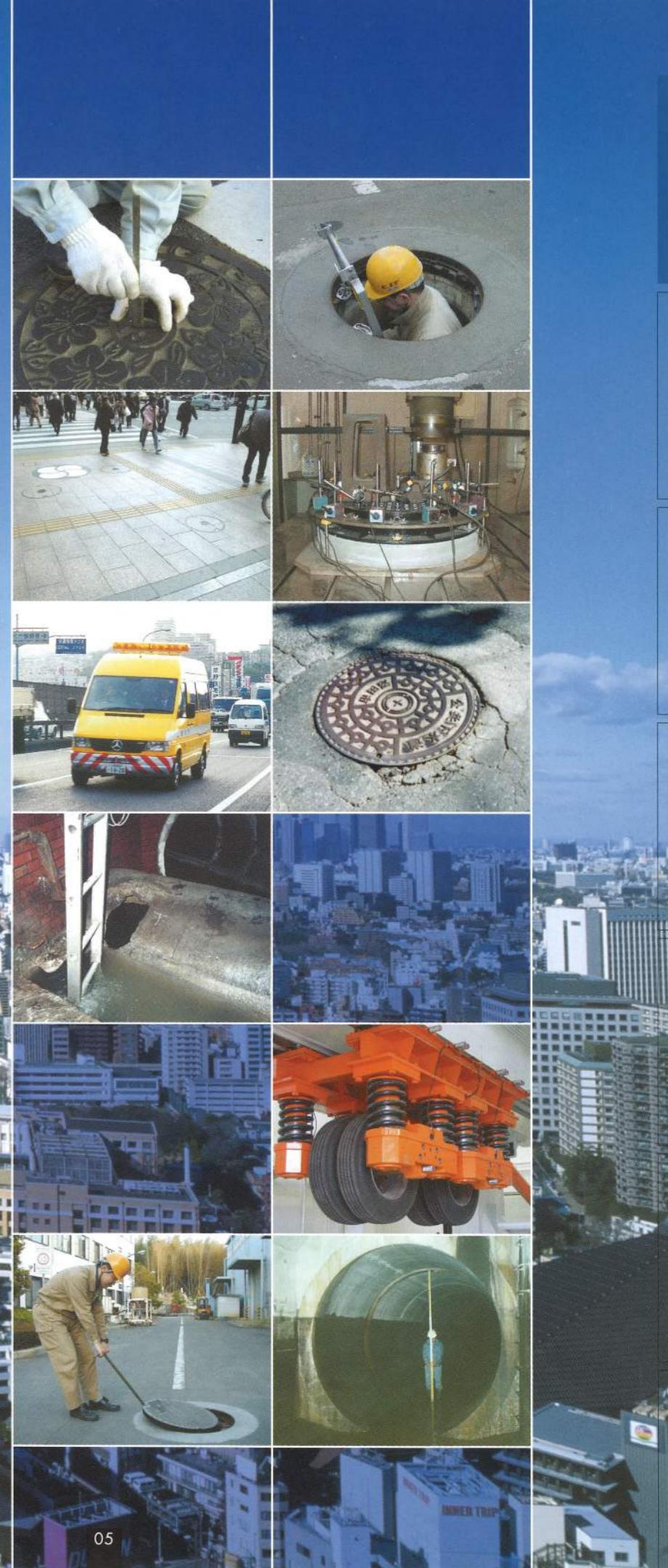
センターの主な業務は、マンホールに関するコンサルティング、資機材の試験・検証、マンホール技術に関する研修、高機能マンホール等の技術開発、そして本「G&U技術広報誌」を通しての下水道の啓発・広報ということですが、誠に時宜を得た業務開始であると評価されます。また、埼玉県川島町内に建設されたセンターには、耐揚圧強度を測定する浮上試験機や、すべり抵抗測定のための表面評価試験機など他に例を見ない最新の装置が設置されているほか、ウォーターハンマーなどによる蓋への影響が測定できる水理実験装置や、最新の機材を備えた研修施設も完成していると伺っております。これらの施設の活用によって、マンホールを中心とした下水道技術が一層発展するとともに、関係分野の人材育成に大いに貢献することを期待したいと存じます。最後に、関係各位の更なるご発展を祈念申し上げお祝いの言葉といたします。

「安全」とは何か。

上下水道や道路といった社会資本整備事業が、建設の時代から維持管理・更新の時代へと大きく転換している。いつの間にか「効率」という言葉に主役の座を奪われた感のある「安全」という言葉が、最近の自然災害や人的災害の多発とともに、改めて社会に「安全」とは何か?を問いかけている。

より高度な「安全」を求める市民からの要望が高まるなか、あらゆる分野において性能規定化への動きが加速し、様々な取り組みがなされている。

あらためて『市民の安全』の視点から、るべき姿の性能規定を探る。



性能規定とは どういったものなのか

今、あらゆる分野で語られている性能規定化について、導入の必要性や意義、

その原理と問題点、そして現状から今後の課題まで見ていくことにしたい。

独立行政法人土木研究所材料地盤研究グループ長の河野広隆氏に話をしてもらった。

河野 広隆 博士(工学)

独立行政法人 土木研究所 材料地盤研究グループ長

1 はじめに

改めて「性能規定」と言われると、今までになかった何か全く新しい概念のように思われるかも知れませんが、決してそうではありません。

性能規定の対語としてあるのが「仕様規定」で、完全な仕様規定は材料や寸法、形状などをこと細かくきっちり決めて、これだけしか認めない、そういうものしか使わないというものです。従来のコンクリート製品のJIS規格などは仕様規定に近いものもありました。それに対して性能規定はどんなものかというと、究極的に言ってしまえば、要求する性能を満たしていれば、どんな材料でも形状でもいい、というものです。

従来の種々の規準類は、性能規定的な記述が必ずされていましたが、実際にはその中の仕様規定的な部分のみが取り出され、それが金科玉条のように取り扱われる傾向がありました。よく読むと、新たに導入される技術に対しては必ず性能規定的に門戸を開いていたのですが、実際には新技術がなかなか導入されないという状態が続いていました。

では、なぜ今、改めてあらゆる分野で基準類が仕様規定から性能規定化へと改訂が進められ、移行しているのか。そこで、ここでは性能規定化導入に関するキーワード、性能規定化の意義、性能規定とはどういったものなのか、そして性能規定化への取り組みとこれまでからの検討課題などについてお話ししていきます。

2 性能規定化導入に関するキーワード

公共事業においては、旧建設省から出された平成10(1998)年「公共工事品質確保等のための行動指針」注-1及び、平成12(2000)年「公共工事コスト縮減対策に関する新行動指針」注-2によって、基準類の性能規定化が重要な施策として位置づけられました。また、平成10(1998)年に行われた建築基準法第9次改正注-3でも、平成7(1995)年に起きた阪神・淡路大震災を契機とした抜本的な構造規定の見直しとともに性能規定の導入等が盛り込まれています。

以降、各省庁をはじめさまざまな機関・学会等で議論が重ねられ、各分野で

仕様規定から性能規定化への移行やさらなる検証が進められてきました。最近では平成17(2005)年4月1日に「公共工事の品質確保の促進に関する法律」注-4、いわゆる「品確法」が施行されました。これもある意味で性能規定的な動きのひとつです。

では、時代が要求する性能規定化の必要性はどこにあるのでしょうか。性能規定化導入を論ずる際のキーワードとして、次のようなものが上げられます。

①アカウンタビリティー・透明性

構造物の持つ性能が明示されることによって、例えば耐震性や種々の安全性など、重要な項目がはっきりと見えてきます。従来の仕様規定ではカタチだけはわからても、なぜそういうカタチになったかは、明確になっていないものが多かったです。つまり、社会に対する透明性、説明性が明確化されるということです。

②国際性

技術規準などが自由な貿易の障害にならないようにと、性能に着目した規格の制定を要求するWTO(世界貿易機関)/TBT協定(貿易の技術的障害に関する協定)に、わが国も調印しています。

こうした国際的な基準類制定の考え方との整合性を図るためにも、国際化対応の国際基準類への国内基準類の整合化が必要となります。具体的な国際規準としてISO(国際標準化機構)があって、既にISO規格が存在する項目に対しても、早急に対応しなければなりません。

③新技術の導入と開発意欲の向上・コスト縮減

要求される性能が明示され、しかも従来の仕様のしばりにとらわれることのない環境では、新技術の導入の機会の拡大と迅速化が図られ、それに伴って技術開発の意欲が向上すると考えられます。また、新技術や多様な構造物の設計が可能になることによって同じ機能を持った構造物の品質向上やコスト縮減、あるいは技術競争によるコスト縮減が期待されています。

3 性能規定化の意義について

では、性能規定化が何故必要なのかといったことを、土木分野を例に挙げてもう少し具体的にお話します。

注-1 「公共工事品質確保等のための行動指針」

公共工事の品質を確保しコストの縮減を図るために、技術基準類を性能規定に移行し、優れた新技術を採用しやすい環境を整備する必要があることを示している。

注-2 「公共工事コスト縮減対策に関する新行動指針」

公共工事コストのいっそうの縮減を推進するための具体的な施策の中で、技術基準の見直しの中で性能規定化を進める、性能規定の考え方に基づく新しい設計法の採用、資材の規格・仕様等の性能規定などが盛り込まれている。

注-3 「建築基準法第9次改正」

工法、材料、寸法等、仕様を決める方針だった建築基準に、技術進歩や国際的な建築基準の設定方向に対応するため、一定の性能さえ満たせば多様な材料、設備、構造方法を採用できる性能規定を導入した。

注-4 「公共工事の品質確保の促進に関する法律」

公共工事で、入札に際して不良・不適格な施工業者を排除し、技術力のある会社に工事を発注し、健全な建設構造物を確保することを目的としている。単なる価格競争ではなく、価格と品質を総合的に判断して契約する、適切な技術と工夫によって品質を確保する、等を基本理念としている。

1 性能規定とは どういったものなのか

土木の公共構造物は、かつては役所が直営で造っていた時代があって、技術力のあるインハウスエンジニアがいれば、性能規定的なモノ造りが可能でした。その後、公共事業の事業量の拡大といわゆる外注方式の導入により、インハウスエンジニアの仕事の内容も変わっていき、それと一緒に発注者が、その時代で最良の技術をもとに基準類や仕様書を定め、それに則ってモノを造るという体制が確立してきました。

大量生産の工業製品が規格化されること自体は世の趨勢ですが、基準類の充実とともに、基準によらないものは造ってはならないという意識が出てきました。実際にはこうした規準類にも必ず自由裁量が可能な部分はあるのですが、規準類あるいはそれらの解説に明記された部分だけが取り出され使われる傾向にありました。自由裁量で行って、説明責任を背負い込むよりは、「規準に書いてある」と一言で言う方が実務的に楽でもあったからです。

それでも、これまで多くの現場で新しい技術が導入されてきたのは、コスト縮減のような実利的な背景とともに、技術者が技術が好きであるという事実があったからだと思います。

いずれにしても、基本的には性能規定的な事業ができるという建前にはなってはいるものの、現実には難しいという体制が次第にでき上がってきましたと考えられます。このため、公共事業では新しい技術開発を行ってもなかなか取り入れてもらえない、あるいは、新しい技術開発を行うと利益が下がってしまうといった批判が多くなっていました。

また、国際化の進展とともにこうした排他的なシステムが国際的な技術の非関税障壁と見なされるようになってしまった。これだけ科学技術が発達し、種々の技術開発がなされている状況では、国際化の要素がなくとも、いずれは性能規定的なものが必要とされたと考えられます。国際化という要素が、性能規定化を加速したと言えるでしょう。

① 必要性能の項目の選定

ここで問題になってくるのが、発注者は例えば建物に必要とされる性能をブレイクダウンして全部ピックアップできるか、ということです。要求する必要性能項目を全部抽出するのは難しい作業です。例えば、従来、コンクリートで建物の柱を作っていた場合には、通常の荷重に対する変形や振動などは意識しなく

①必要性能の項目を選定し、
②その必要性能のレベルを設定します。
③要求性能を満足させるように設計を行います。ここでいう設計とは、例えば建物の柱であれば、断面寸法を決め、使用材料を決め、鉄筋などの配置を決める作業です。

④その設計が必要性能を満足させているかどうかを「照査」します。③で決めた断面で、本当に想定した荷重に対してもつか、という証明の作業です。

ポイントとなるのは必要性能の設定と照査法ですが、それぞれのステップを完璧に満たしていくのは、なかなか簡単とは言えません。

では、次に各ステップをもっと具体的に、問題点も含めてみていくことにしましょう。

4 性能規定の原理と成立させるためのステップ

さて、性能規定ですが、原理そのものは簡単です。

性能規定のステップは、発注者が求める性能の項目とレベルを決めるところから始まります。まず、

JIS A 5362に示されたプレキャストコンクリート製品
及びそれを用いたコンクリート構造物の性能

表-1

種別	性能項目	性能	備考
構造物	使用状態性能	使用時に想定される常時の荷重に対して、所定の機能や耐久性を保持する。	
	終局状態性能	終局時に想定される荷重に対して、部材が破壊しない。また、所定の機能を失わない。	
	耐震性能	レベル1又はレベル2の地震動に対して、所定の機能を失わない、又は破壊しない。	
	変型性能	想定される荷重に対して、転倒、滑動、沈下、変位、たわみなどが許容値以内である。	
	一体性能	製品の接合部などにおいて、想定される荷重に対して、所定の機能を失わない。	一体性、止水性、変型性など
	その他	その他、購入者から要求される性能を保持する。	美観、水密性、平滑性、排水性、遮音性、快適性など
製品	使用状態性能	使用時に想定される常時の荷重に対して、安全であり、ひび割れが許容値以内である。	
	終局状態性能	終局時に想定される荷重に対して、破壊しない。	
	耐久性能	想定される劣化作用に対して、耐久性を保持する。	塗装、中性化、凍害など
	施工性能	運搬、設置、組立などの施工性が確保されていなければならない。また、施工時に有害なひび割れや欠けなどが発生しない。	運搬性、施工安全性など
	その他	その他、購入者から要求される性能を保持する。	すりへり抵抗性、端面の直角度、寸法精度、耐火性など

ても問題がありませんでした。しかし、使用材料が何でもよいとなれば、変形や振動に対しても要求性能を設定しないといけなくなります。つまり、自由度が増せば増すほど、設定すべき要求性能の項目数は増える可能性があるのです。

表-1に後で出てきます「プレキャストコンクリート製品—要求性能とその照査方法」のJISに示された性能の項目を、例として示します。

② その必要性能のレベルの設定

次にその性能のレベルの設定にもいろいろと困難があります。例えば、耐震設計をする場合、どのようなレベルを目標にするかというのは、いろいろな要素が絡まって、結構やっかいな問題です。また、建築の例でいうと、家を建てようとする人は、その家に対して、何らかの要求性能を持っているはずです。しかし、それを照査できるような数値などに置き換えるのはそれほど楽な作業ではありません。

発注者が専門家であれば受注側の専門家との間で、要求性能項目と要求性能レベルについての共通の言語を持っていますが、それが非専門家だった場合は、要求そのものが

抽象的で曖昧なものになってしまい可 能性があり、受注側の専門家は発注者の要求を理解可能な具体的な物量にして示す必要性が出てきます。この作業にはかなりの困難が伴うと思われます。そこで考えられるのは、受注側がこういう性能項目が考えられますとリストアップして提示する方法です。その際、有効かつ効率的だと考えられる手法として、例えば、メーカーなり協会なりがカタログをつくり、受注者はその中から必要性能も満足しているというものを選ぶというシステムです。

③ 必要性能をどう満足させるかを創造する「設計」

④ 必要性能が満足されているかを客観的に証明する「照査」

従来、単に「設計」といった場合は、

例えば、柱の断面の決定という作業とその性能のチェックという作業を並行して行っていました。性能照査を全面に出した場合、柱の断面の決定という作業は設計者の力を発揮できる「創造的行為」と捉え、「照査」は必要性能が満足されているかを客観的に証明する「作業」と捉えられるようになっています。「性能照査」という表現をした場合、なにやら難しいことを行うような印象を受けますが、決してそうではありません。通常、我々が従来の「設計」という作業の中で行ってきたことを明確に分けただけです。

具体的な照査の方法は、実験・解析・実績等があります。実験が行えるものや実績が示されるものは、具体的な証明が即物的に可能ですが、それが不可能なものについては解析が有力な手段

1 性能規定とは どういったものなのか

JIS A 5362に示されたプレキャストコンクリート製品
及びそれを用いたコンクリート構造物の主な性能照査方法 表-2

種別	性能項目	照査方法	備考
構造物	使用状態性能	設計図書(許容応力度法又は限界状態設計法、許容ひび割れ幅など)又は性能試験、実績で照査する。	
	終局状態性能	設計図書(限界状態設計法)で照査する。	
	耐震性能	設計図書(許容応力度法又は限界状態設計法)でレベル1又はレベル2の地震動に対する耐震性能を照査する。	
	変型性能	設計図書又は性能試験、実績で転倒、滑動、沈下、変位及びたわみなどに対する変型性能を照査する。	
	一体性能	設計図書又は外圧試験・内圧試験、内水圧・外水圧に対する水密性試験などの性能試験による。	
	その他	受渡当事者間の協議による。	
製品	使用状態性能	設計図書又は圧縮強度・曲げ強度・せん断強度、ひび割れ荷重などを代用特性とした性能試験による。	
	終局状態性能	設計図書又は外圧強度・内圧強度(破壊荷重)を代用特性とした性能試験による。	
	耐久性能	想定される劣化作用に対して所要の耐久性能があることを信頼性のある照査方法で照査する。又は仕様を実績で照査する。 仕様:水セメント比、かぶりなど	
	施工性能	施工の容易さを実績で照査する。また、運搬又は設置時におけるつり荷重、衝撃荷重などによるひび割れ、欠けなどに対する安全性を許容応力度法や性能試験、実績で照査する。	
	その他	受渡当事者間の協議による。	

になります。

表-2に「プレキャストコンクリート製品一要求性能とその照査方法」のJISに示された性能の照査方法を、例として示します。

話は脱線しますが、性能照査と言つたとたんに、何か難しい設計法や解析法を用いなければならぬないように誤解する人があります。前述したように実験や実績で照査してもかまいません。解析も従来から用いられていたような設計法でもかまいません。

設計法には、許容応力度法・限界状態設計法・部分安全係数法・信頼性設計法などがあります。

許容応力度法では性能照査ができるといふ誤解されている方もありますが、客観的に証明ができれば許容応力度法を用いてもかまわぬのです。ではなぜ、このような誤解がうまれるのでしょうか。許容応力度設計法は従来多く用いられてきた手法で、例えば橋の設計では、耐荷性能、疲労、ひび割れ幅、たわみなどのいろんな要素を、鉄筋やコンクリートの許容応力というひとつつの値に押し込んでしまっているため、逆にひとつひとつの要素に対する性能を照査しようとした場合、許容応力度がそもそもどうい

うことを設定して決められているかに戻らないと照査できないということになってしまいます。つまり、許容応力度法は通常時の標準的なパターンの中で、これを押さえておけば大丈夫という、いわば最大公約数にゆとりを持たせたような数値を設定するので、いろんな要素が自動的にチェックされ、限られた分野では便利であり効率的でもあります。ただし、決められた条件での範囲の中でしか通用しないものなので、例えば、新しい材料を使おうすると、この手法では全く対応できなくなります。新しい材料に対して、疲労、ひび割れ、たわみなど個々の要素を分解して個別のチェックを行わなければならないからです。

そこで出てくるのが限界状態設計法や部分係数設計法です。前者では1個1個の性能について要求する限界状態

を設定して個別にチェックが行われます。部分係数設計法は設計に必要な種々の要素の安全率を1個1個分解して係数を決めていくというもので、例えば、材料が変われば安全率も変わるというふうに合理的になる可能性を秘めています。ただし、理論的にはそうであっても、実際の設計で安全率を決めて、しかもそれに客觀性を持たせていくという作業は結構大変なもので

若干余談になりますが、設計段階で必要性能が満足されているという照査がなされ、設計図面ができても、実際の構造物がその通りにできるかどうかは、まだわかりません。施工という段階があるからです。

施工の段階で、施工された構造物が設計図通りかどうかをチェックするのが「検査」です。検査は性善説に立つか

く仕様でつくられている部分が少なくなっています。性悪説に立つと、とんでもないコストがかかりかねません。そのため、ある程度は性善説に立たざるを得ません。このため検査法が完璧になるのは難しく、検査結果に灰色の部分が残るのは避けられないのが現状です。このため種々の品質保証体制、品質保証を行う際に保険等の補助的な手段を持ち込む、あるいは発注者の技術レベルが不足するような場合には、第三者機関を活用するシステムを確立する、場合によっては罰則を強化する、等々の検討をしていかなければなりません。

性能規定化が有効なのは、 大規模工事などに 限られるのではないか

以上、性能規定の原理と各ステップの内容を見てきましたが、これを可能にしていくためには、種々の性能要素に対する材料・部材・構造物の挙動を経時的な変化も含めて詳しく知らなければなりません。さらに、出来上がった構造物の検査で要求性能を満たしていることを証明できる手段を持つ必要があります。これまでのものづくりは経験に基づ

く仕様でつくられている部分が少なくなっています。性悪説に立つと、とんでもないコストがかかりかねません。そのため、ある程度は性善説に立つことになります。

このように性能規定のみに限定されたアプローチでは、いずれのステップにおいても専門家が手間隙をかけなければクリアできないという状況になっています。このため、性能規定化が有効なのは、大規模工事などに限られるのではないかと思われます。通常の一般的な工事では、仕様規定的な対応がこれからも主体となるでしょうし、その方が合理的な場合も多いはずです。小さな規模の工事では、性能規定的に設計を行い削減できるコストと、設計に要するコストを比較すると、後者が大きいはずです。このような工事では、従来からある標準設計のカタログから適当なものを選定する方が、設計費ははるかに安いし、工事のコストもさほど変わらないはずです。

仕様規定的とは言え、従来の規格類や既存の基準類は、我が国の技術の蓄積によって体系化された、技術的には世界的なレベルを持つ知的財産です。従来の基準類・規格類を便利に使えるのであれば道具として使っていこうという考え方の方が、なんでも性能規



横浜市内の西中島橋

5 性能規定への 取り組みと検討課題

では次に、私の専門であるコンクリート構造物の例をとて、性能規定への取り組みがどのようになされ、どのような問題点や検討課題が出てきているかについてお話しします。

ここでは、コンクリート工場製品のJIS規格の見直しの例を紹介します。まず、個別の見直しとして、昭和61(1986)年のJIS A 5345「道路用鉄筋コンクリート側溝」について見てみることにしましょう。従来、この規格に限らず、ほとんどのコンクリート工場製品の規格はガチガチの仕様規定でした。規定には使用材料、製品の大きさや形、配筋等が示され、それにしたがってものづくり、規定された検査方法に則って試験を行い、規定の強度等を満足すればよかったです。

しかし、逆にいふと、ほんの少し形を変えただけで規格品にならない、少し違

1 性能規定とは どういったものなのか

う材料を使おうとしても、あるいは施工合理化のために長尺化しようとしても設計条件が示されていないので設計のしようもない、といった問題が出てきました。現実に各地でJIS製品とほんの少しだけ違う製品が数多くつくられ、○○県型製品等として非JIS製品として扱われている例が多いようですし、交通安全対策として反射板を取りつけようとするだけで、非JIS製品となってしまう例もあります。

JIS A 5345改定の直接の引き金は、大型車両の25t化と長尺製品への需要の高まりですが、このような状況の中から、JIS製品に少し柔軟性を持たせようという議論になりました。このため、製品に求められる機能と、必要な性能

項目及びそのレベルを規格に書こうという方針を立てたのです。

製品JISは、経験的につくられたもののうち、比較的多くつくれていたものを規格化したものが多く、このため、現状の仕様がどういう背景で決定されたのか不明なのです。形そのものを変えることは、規格化された製品の汎用性や型枠等の関係で難しく、このため、JIS A

5345では解説で作用荷重や設計法、限界状態を明示することになりました。

また、機能と性能を損なわない範囲での表面の加工等はかまわないとしました。

以上の話を聞かれると、「何だ、設計法を示しただけじゃないか」と思われるかもしれません。しかし、完全な仕様規定

から一步、性能規定化に踏み出したことは大きいと考えます。

このあと、さらにコンクリート製品のJIS全体の大改訂がなされました。従来のコンクリート工場製品の規格は、規定順に何の脈絡もなく番号がふられ、規格間の関係は非常に希薄でした。このため、いくつもの弊害を抱えていました。例えば、次のようなものです。

①工場製品に使う材料のJISが変わった時など、たとえ共通の項目でも全ての製品規格を改訂しなければならない。

②設計や検査基準等に共通の理念がないため、互いに整合しない部分がある。

③個別の製品にJISマークが与えられているため、同一工場でつくる類似の製品でもマークをふることはできない。

このような状況から、工場製品のJIS規格を大幅に見直し、表-3に示す規格群に分けました。詳細の説明は省略しますが、この工場製品のJISの改訂で、最も大きなことは、JIS本体には必要最小限のことしか書かないということです。

それでは実際の製品をどうやって造るかと言うことになりますが、基本的には、関連団体がJISを満足するような製品のカタログを準備することを想定しています。関連団体は、責任をもって製品

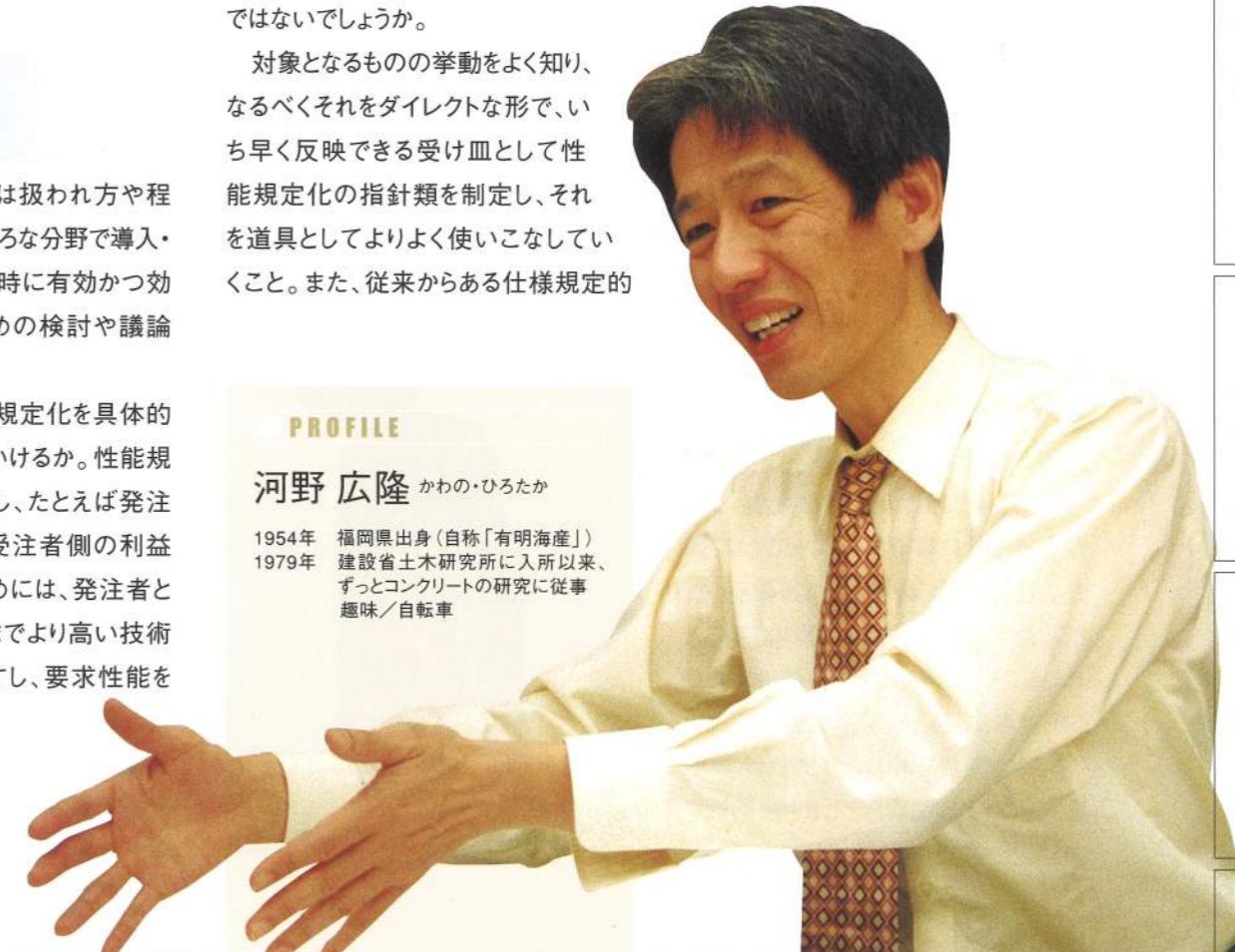
の性能を照査しておき、カタログに載せる。そして、多分99%以上の取引は、カタログから製品を選定するだけの作業になる、ということです。ただし、何か新しいことをやりたい人が現れたときには、JISの規格はその人の足を引っ張ることがないようにしておく、ということが重要なことです。

6 おわりに

現在、性能規定化は扱われ方や程度の差こそあれ、いろいろな分野で導入・導入化が進められ、同時に有効かつ効率的に運用されるための検討や議論が重ねられています。

時代が求める性能規定化を具体的にどうシステム化していくか。性能規定化のメリットを活かし、たとえば発注者側のコスト削減や受注者側の利益増大を可能にするためには、発注者と受注者双方に、これまでより高い技術レベルが要求されますし、要求性能を

なものも、全否定するのではなく、それを使った方が合理的な場合には、それを選定するという目も必要です。そのため、私たちは「性能規定」に対する共通の認識と言語を持って、議論と検討を重ねていかなければならぬのではないかと思います。（談）



PROFILE

河野 広隆 かわの・ひろたか

1954年 福岡県出身（自称「有明海産」）
1979年 建設省土木研究所に入所以来、ずっとコンクリートの研究に従事
趣味／自転車

プレキャストコンクリート製品JISの新体系 表-3

基本規格群	A 5361 種類、製品の呼び方及び表示の通則 A 5362 要求性能とその照査方法 A 5363 製法試験方法通則 A 5364 材料及び製造方法の通則 A 5365 検査方法通則
構造別 製品規格群	A 5371 プレキャスト無筋コンクリート製品 A 5372 プレキャスト鉄筋コンクリート製品 A 5373 プレキャストプレストレスコンクリート製品

2 マンホールふたの性能規定を考える

G&U技術研究センター

常務取締役 田中 博

マンホールふたは、下水道施設の中で最も一般市民との接点の多い構造物である。高い安全性を備えた高品位のマンホールふたの採用に向けて、性能規定のあるべき姿を探る。

1 はじめに

下水道の普及率は平成16(2004)年度末で68.1%になり、マンホールふたは現在、日本全国に約1,200万個以上あると言われている。

今こそ、マンホールふたは割れないのが当たり前になっているが、今から半世紀ほど前、下水道の普及率が10%前後の時代では、マンホールふたの割れ、破損、あるいはガタツキ騒音等のさまざまな問題が頻繁に起きていた。そこで、材質と形状、寸法、すなわち構造図面と検査方法を規定した仕様書が定められ、今日のような安定した状態へと徐々に成熟してきた。

材質、構造などの仕様を規定しない性能規定化に移行するということは、過去半世紀の間に蓄積された技術を基礎とし、基本的 requirement を明確にすることである。そして同時に、その設計における照査方法、製品の検証方法が明確であることが前提であり、これがなければ半世紀前の状態に戻ってしまう危険性をはらんでいるとも言える。

そこで、マンホールふたの性能規定を考える前に、今一度マンホールのふたの特徴を整理し、その目的と役割および時代背景・環境の変化に応じた、マンホールふたの基本的 requirement 項目を抽出する必要がある。

まず、マンホールふたの大きな特徴の第1は、いまでも地下構造物、管路施設であるマンホール本体および管路とつながり、かつ唯一地表に現れた部分であるということである。従って、マンホールふたはマンホール本体や管路にはない、路面から直接車両荷重を受けるとい



マンホールの基本構造

う特徴を持った、道路の一部としての空間に架けられた1つの独立した公共構造物であることができる。このことから、マンホールふたは橋梁の構造設計と同様な考え方で設計することを要求されると同時に、道路表層と同じような性能も要求されることになる。

つまりマンホールふたは、ともすれば単なる鉄の塊に見られがちだが、道路が整備され、大型車の増加や車両交通量の増大の中で、基本的 requirement として、まず十分な安全性を備えた構造物でな

ければならない。このことを忘ると、マンホールふたの割れ、破損が頻発し、大きな事故にいつでも結びつく危険性があるという認識を持つ必要がある。また、下水道の普及率が上がり、マンホールふたの数が増えれば増えるほど、道路表層と同等の性能の連続性を持つことの基本的 requirement は、重要な意味を持ちはじめている。

第2の特徴は、その素材が鋳鉄という単一素材で、一つの構造物として独立した完成品であり、しかも量産品であると

いうことである。通常、構造物といえばいろいろな素材を組み合わせた構造体をイメージするが、マンホールふたの場合、鋳鉄という単一素材の制約の中で完成された構造物を設計しなければならないのである。

これは、道路表面に露出するマンホールふたにとって、非常に厄介な問題である。安全な車両走行を目指すためには、腐食や摩耗あるいは耐縫返し疲労強度という材料の耐久特性を、どう設計に反映させ得るかという基本的ともいべき命題がある。この解明には膨大な量の過去から蓄積された実フィールドの



2 マンホールふたの性能規定を考える

データや材料に関する基礎データが必要である。これがないと設計供用期間の間、要求項目を満足できるかどうか判断する手掛かりすらつかないことになる。つまり、マンホールふたの性能としての寿命やライフサイクルコストを考える時には、この蓄積データと材質検査との関係性を明確にすることが必要となってくる。そして、今後この材質検査方法がマンホールふたの性能、特に耐久性を決める大きなポイントになることは間違いない。

第3の特徴は、最近の気象状況、都市型の集中豪雨の影響から注目されているように、下水管路と直結したマンホールふたは、管路内の水位や圧力の上昇の影響をまともに受けるということである。逃げ場のない水や空気は、マンホールふたから排出されるしかないので、この圧力排出機能が不完全であれば、マンホール、下水管路（他の排水施設含む）、あるいは道路路盤に重大な損傷を与える危険性がある。また、圧縮された水あるいは空気により、マンホールふたが浮上・飛散し、マンホールの中に人が転落する等の人身事故も実際に起きている。従って、マンホールふたには、下水管路システムの重要な安全弁としていく流れである。

の役割、機能も要求されることになる。このように、マンホールふたは下水道管路施設の一部ではあるが、唯一の地上と地下の接点であるため、多面的な役割と性能を要求される構造物である。しかも鋳鉄という単一素材の制約の中で、それぞれの要求項目を満足できる設計をしなければならないという、特異な性格を持っているものと言える。

2 業界における性能規定の動き

1) 3つの基本的要要求性能

近年、公共工事などで発注される仕様において、採用の透明性、受注者間の競争性（コスト、品質）、新材料や新技術への積極的対応などを狙いとした性能発注が増加する傾向にある。この流れは、WTO（世界貿易機関）注-1が推進する貿易自由化のための制限措置の緩和や、技術的障壁の排除（TBT協定）注-2と軌を一にする国際的な潮流である。すなわち、各國が独自につくる製品規格が技術的障壁にならないよう規格の世界的な整合性を推進していく流れである。

このような背景のもと、平成10（1998）年に建築基準法の改正が行われ、平成12（2000）年から施行された。この改正により、これまでの「仕様規定」中心の発注に替わって「性能規定」発注の導入が行われた。また平成13（2001）年には「橋、高架の道路等の技術基準」が改訂され、この中の耐久性の向上の項では、①塩害に対する耐久性の検討の規定化 ②鋼橋における疲労の検討の規定化が行われた。また、平成14（2002）年には、国土交通省より性能規定を根底とした「土木・建築にかかる設計の基本」が出された。

この「土木・建築にかかる設計の基本」では、「土木・建築といった分野の違い、鋼・コンクリートといった構造種別の違いに関係なく、共通する事項は共通的に扱い、分野および構造種別に依存する部分はそれぞれの中で規定していくといった基本的方向」を指向している。

設計においては、設計供用期間を定め、その期間において安全性にかかる基本的要要求性能として以下の3点を確保することとしている。

（1）安全性（想定した作用に対して構造物内外の人命の安全性を確保する）

- （2）使用性（想定した作用に対して構造物の機能を適切に確保する）
- （3）修復性（想定した作用に対して適用可能な技術でかつ妥当な経費および期間の範囲で修復を行うことで継続的な使用を可能とする）

そして、その各々の限界状態を想定して、安全（終局）限界状態（性能）、使用限界状態（性能）、修復限界状態（性能）の定義を行っている。ただし、これらの適用にあたっては、すべての限界状態を考慮する必要はなく、対象としている構造物の目的等に応じて選択すること。また、疲労限界状態については、「限界状態が発生する作用の違い」として、安全限界状態、使用限界状態の中で扱うこととしている注-3。

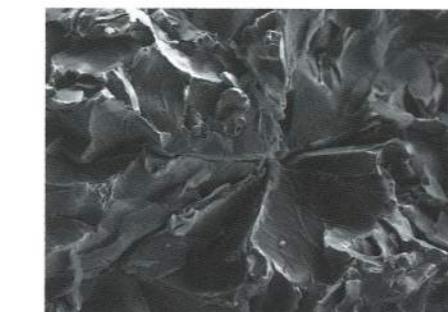
2) GMに関する規格の変遷

GM（マンホールふた）規格化は、下水道用として昭和33（1958）年に「JIS A5506下水道用マンホールふた」が制定されたのが始まりである。このJIS規格のふたは、ねずみ鉄製及び鉄筋コンクリート製であり、構造、詳細寸法まで細かく規定されたものであったが、いずれのGMも、材質的に衝撃にもろく、リブ構造など設計上の問題もあって破

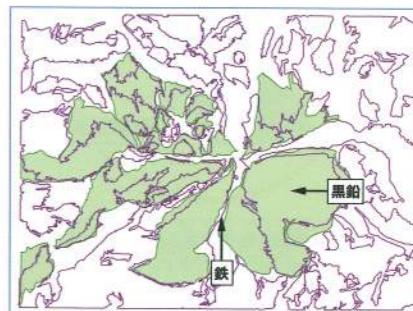
注-1 WTO 1949年に締結されたGATT体制を継承・発展させた形で、1995年に設立された、世界の通商ルールを規定する国際機関（加盟国、地域は2005年5月現在148カ国・地域）。関税、サービス、農業、知的所有権などに関する通商ルールを規定すると共に、通商ルールに基づく紛争処理を行っている。

注-2 WTO/TBT（Technical Barriers to Trade）TBT協定は、各国の異なる基準認証制度（製品に関する規格や、その規格の適合性を評価する制度）が、不必要的貿易障害とならないよう、国内規格作成過程の透明性、国内規格の国際整合性などを規定することを目的に、前身であるガット・スタンダード・コードを発展、拡大する形で1995年1月にWTO協定全体の中の一協定として合意されたもの。

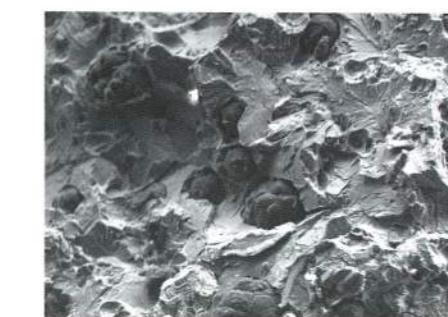
注-3 限界状態 構造物にとってその状態を超えると性能の要求を満足しない状態となる境界の状態。



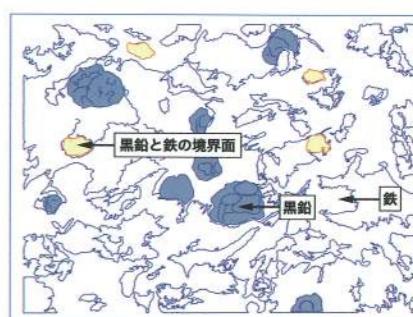
普通鉄（ねずみ鉄）



図の「塗り」の部分が「黒鉛」



球状黒鉛鉄（ダクタイル鉄）



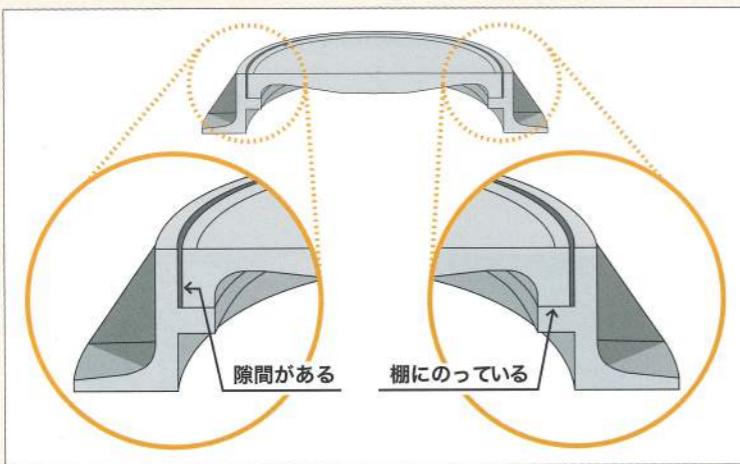
図の濃い「塗り」の部分が「黒鉛」
薄い「塗り」の部分が「黒鉛と鉄の境界面」

損による問題が大きくクローズアップされた。その後、昭和36（1961）年の「JIS G5502球状黒鉛鉄」の規格化を受けて球状黒鉛（ダクタイル）鉄製が

採用された。ダクタイル鉄製のふたの採用が進むにつれて割れの問題は減少していったが、交通量の増大や車両の大型化による社会状況の変化も

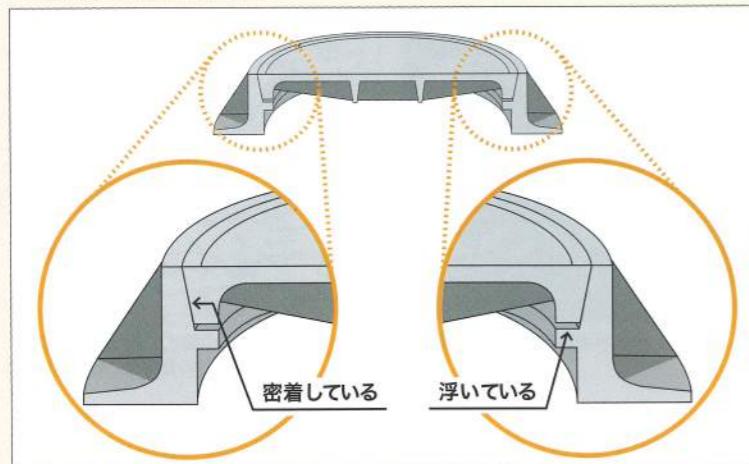
2 マンホールふたの性能規定を考える

■平受け型支持構造



ふたと枠の間に隙間があるため、車の通行や砂や異物の侵入などにより、ふたが枠に対して動くため、がたつきが発生しやすい。

■急勾配受け型支持構造

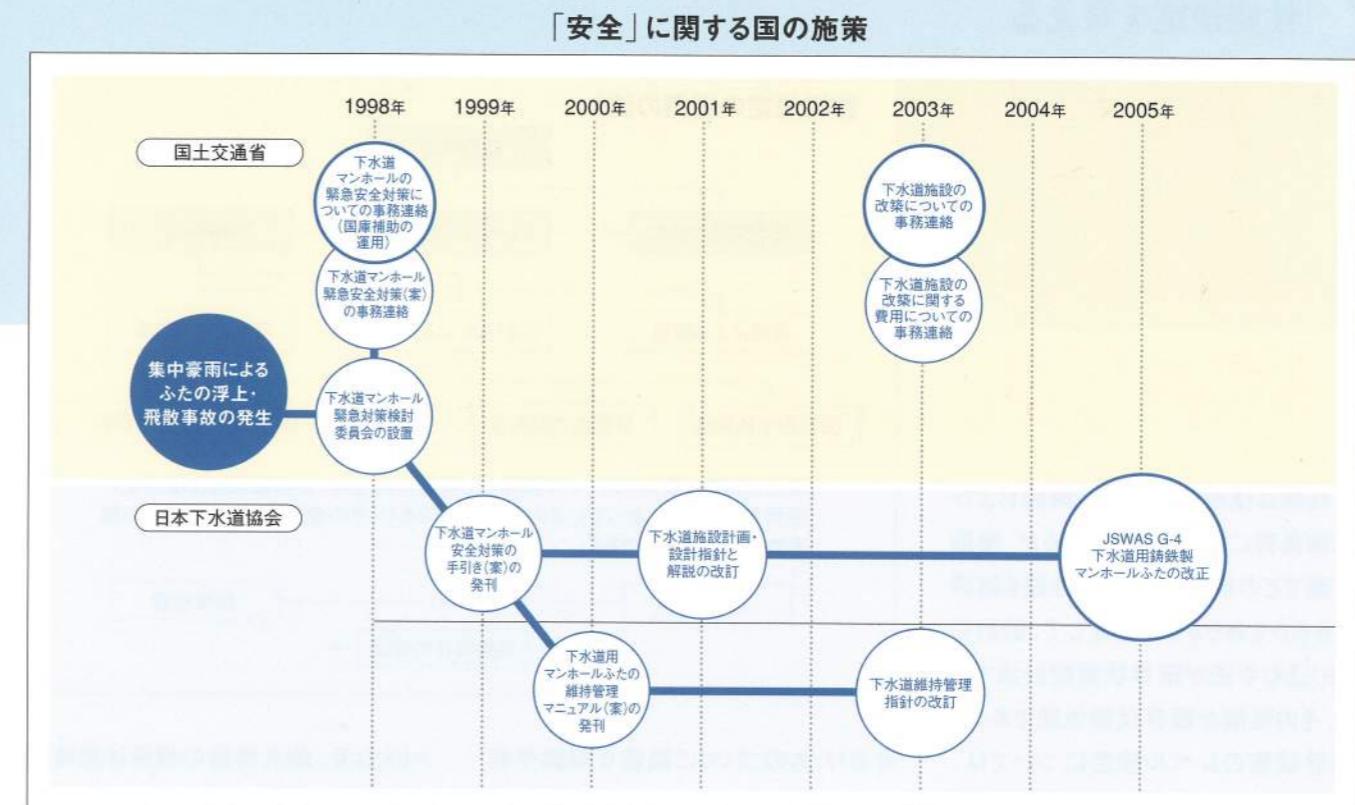


ふたと枠が隙間なく完全に密着し固定されているため、がたつきが起こりにくい。

あって、ふたのがたつき問題がクローズアップされるようになってきた。

ねずみ鉄に比べ、ダクタイル鉄は振動吸収能が少なく金属音が大きいことも、がたつき問題がクローズアップされた背景にあると考えられる。この問題を解決するために、ふたの支持構造は平受け型からさまざまな支持構造の試行錯誤の期間を経て、急勾配受け構造へと移行してきた。急勾配受け構造は、楔(くさび)の原理を利用したもので、普及とともにがたつき問題は大きく改善してきたが、その一方で異常食い込み現象を伴うものも見受けられるようになってきた。この問題は、がたつき問題とどちらを優先するかという問題として今日までいるのが実情である。ダクタイル鉄は欧米で開発実用化されながら、これまでふたに採用されてこなかつたのはコストの問題もあるが、一つにはこの選一問題があったとも推測される。

この間、JIS A5506は、必要最小限の寸法規定化や蝶番(ちょうつがい)、急勾配構造なども取り込んで改訂されてきた。その後、規制緩和の流れから、平成5(1993)年以降に道路構造令や車両制限令、道路橋示方書の見直しなどが行われ、JIS規格も設計自動車



荷重が20tから25tへと見直しされた。そして、平成10(1998)年には集中豪雨時に下水道管路内で圧縮された水あるいは空気により、ふたが浮上・飛散し、マンホールの中に人が転落するという不幸な人身事故が2件続けて発生した。この災害を受けて、国土交通省に[マンホール緊急安全対策委員会]が設置され、「マンホール安全対策の手引き(案)」が出された。平成10(1998)年の転落事故はJIS規格製品で発生したものであったが、規格の見直しまでは行われなかった。その後、事業体が制定する仕様書にマンホール内圧発生に対する耐圧性能が徐々に盛り込まれるようになり、必要な性能の一部のみが規定された仕様化の拡大が見受けられるようになってきた。

そして、平成17(2005)年7月付で

「安全」に関する国と施設

下水道協会規格JSWAS G-4の改正が行われた。この改正は、先の集中豪雨多発などの環境変化や安全に対する住民意識の変化などを踏まえた一定の範囲の改正を行ったものであり、安全性や技術進化を指向して、仕様規定から性能規定へ、さらに一步進めたものとなっている。

重要な性能項目の抽出」とその「性能のレベル設定」が行われる。そして、その性能レベルが達成されているかを確認する「照査」が実施される。照査は性能が満足されていることを科学的、実証的、あるいは実績として証明するものである。

性能照査の方法としては①実験による方法 ②設計法による方法 ③実績による方法がある。そのうち設計法による性能照査の方法として、許容応力度法、限界状態設計法、部分安全係数法、信頼設計法などがある。しかし、安全率が不明な場合には、限界状態を設定した設計法にならざるを得ないので、限界状態設計法や部分安全係数法などが使用される。性能規定の運用にあたっては、照査・検証方法が確立されている必要があり、性能規定化に向けての課題となるケースが多い。

3 性能規定の運用方法

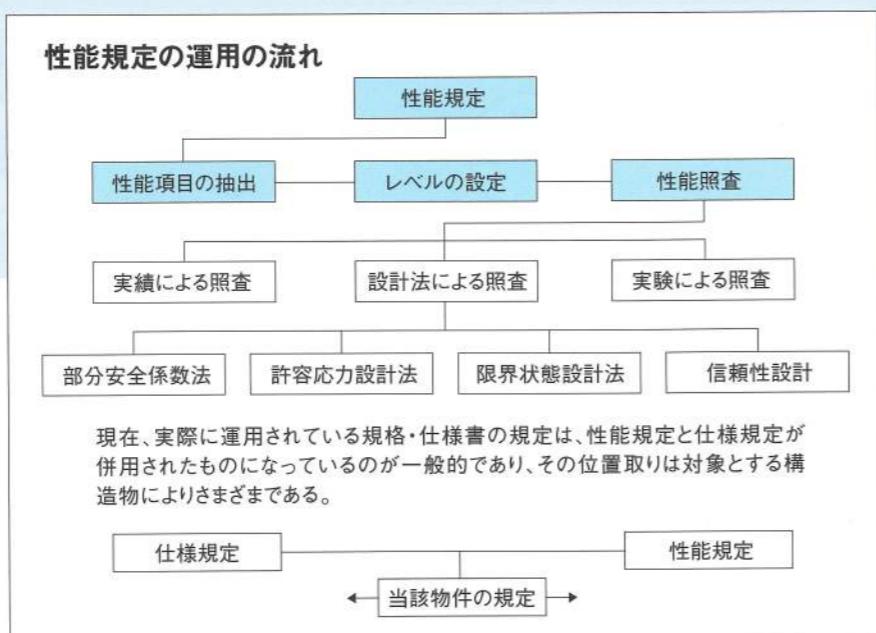
1 性能規定の運用の流れ

性能規定とは、従来行われてきた材質・寸法・構造といった仕様で設計構造物を規定するいわゆる「仕様」規定ではなく、使用者が要求する「性能」で規定する方法である。性能規定では「必

2 マンホールふたの性能規定を考える

性能は使用期間中に経時的および環境負荷による影響を受けるが、使用局面でどの状態になるまで性能を維持できるかをあらかじめ想定して、設計に織り込む手法が限界状態設計法であり、その性能が限界状態性能である。限界状態のレベル設定については、機能（快適さや利便性も含めて）が損なわれない範囲、これ以上では危険な（人の安全を脅かす）状態になる範囲が想定される。性能規定での限界状態性能では、使用上問題を生じるが安全上は問題ない範囲、安全上問題を発生する範囲のそれぞれの境界を、使用限界状態、安全限界状態としている。さらにその間に修復可能か否かの境界として修復限界状態を設定している。また、繰り返し負荷による限界状態を疲労・耐久限界状態と呼ぶ。車の衝突安全性能は安全限界を示しているといえる。

従来の寸法・構造を規定する仕様規定であれば、ものをつくれば自動的に性能は決まってしまうため、メーカーは効率よくものづくりを行えばよかったわけである。しかし、性能規定では、必要な性能項目の抽出とその照査をメーカー自身、および発注者が行う必要



があり、ものづくりに高度な知識や判断が要求されることになるといえる。

2) 性能規定の運用上の留意点

現実に運用されている性能規定は、実績のある材料を指定した性能規定である場合が多い。その意味では完全な性能規定であるとは言えないが、現在の性能規定がこれまで経験的に使用してきた材料特性の総体性能を前提として成立しているからである。従って、実績のない新規の材料を採用する場合には必要とされるすべての項目について、見落としなく性能への影響をチェックしなければならない。この作業をして初めて性能規定の十分条件を満たすことになる。

よって、材料を切り替えた場合には照査の対象となる性能項目の抽出・チェック作業を十分に行わなければならぬが、特に耐久性チェックがポイ

ントとなる。耐久性能の検証は実環境では時間がかかり、促進試験で行われる場合が多い。促進試験を行う場合は、実環境との相関性や再現性を十分に確保し、過酷な条件を設定しなければならない。性能照査は、実験が可能な場合には実験により行うことができるが、そうでない場合は計算によってシミュレーションを行うこともある。ただ、実験もシミュレーションも、完全に実環境に均しい条件でチェックする訳ではない。よって、性能によっては、フィールドの実環境でのモニターも行うことが、その後の技術向上のために必要である。

また、昨年から耐震建築構造計算偽造問題が世間を騒がせている。マンションなどの構造計算を偽造した設計建築士と設計をチェックする民営化された検査機関が機能せず、震度5レベルで倒壊の可能性があるマンションの販売責任が問われている。ビルの耐震構造計算は耐震性の性能照査

である。それが偽造され、偽造された計算書がチェックされずに流されたものである。性能規定の性能照査の運用に当たっては、発注者、受注者双方に責任ある行動が求められるという問題点が顕在化したものと思われる。また、これから本格的な性能規定運用へ向けて、性能照査のチェック・検査機関のあり方についても議論が重ねられるべきであろう。

性能規定は手段を問わず、目的に応じた性能を規定するものである。そのため、具体的手段が見えず、発注者・製造者ともに高い技術力が要求される。そのため、「みなし規定」として「○○」であれば、それを満足するものとみなして運用することも必要である。これまでの仕様規定の知見は知見として活用することも必要なことと考えられる。

4 GMにおける性能規定のあり方

下水道は、生活環境の維持・改善や浸水の防除、水域の水質改善等を進める公共施設であり、その構成部材であるGMは前述したような発注の透明性が求められる。また、下水道施設の

下水道協会規格JSWAS G-4の概要

●ふたの支持構造及び性能

ふたの支持構造及び性能では「急勾配受け」とは限定しているが、「外部荷重に対し、がたつきを防止できる性能」としており、外部からの作用荷重に対して十分な「がたつき防止性能」を有することを規定している。このことは、例えば外部荷重として重車両の通行がない場所であれば「急勾配」との規定上の縛りはあるものの、食い込みを弱く設定することも可能となる。そのための検証方法もプラスチックハンマーから鋼球の落下による検証まで幅広く設定がされている。「急勾配」との規定は、これまで実績を踏んで規定してきた急勾配の縛りを一挙になくすことの不安があつたためと思われる。



●ふたの連結構造及び性能

連結構造及び性能では下記の3点を規定している。

- ①逸脱防止性能
- ②不法開放防止性能
- ③圧力解放耐揚圧性能

「逸脱防止性能」は、ふたの開閉操作を行う際にふたが枠からはずれない性能を規定したもので、ふたの開閉操作性を確保するための性能であると同時に何らかの事故でふたが逸脱、飛散するのを防ぐ役割をもっている。この機能・性能をどの程度まで要求するかについては明確に数値設定されているわけではない。

「不法開放防止性能」は、所定の開放工具以外では容易にふたの開放ができないこととしている。容易にとは、専用工具以外で簡単に開けられるという意味である。一般的には、ふたのセキュリティが厳密に要求されるケースはあまり考えられていないが、昨今ではテロなど違法行為の防止のため、より一層のセキュリティが要求されることもあり、セキュリティレベルの設定は今後の課題といえる。

また、「圧力解放耐揚圧性能」は、内圧によりふたが一定高さ浮上して圧力を解放し、その状態で一定圧力まで維持できる性能である。規格では、本文に数値設定はされず、解説に数値が参考値として示されている。これは当性能の必要性が十分理解されながらも、その根拠づけが不明確であるため、【解説】にも今後の課題として位置付けられている。それにしても本文に当性能が規定されたことは、近年の集中豪雨災害に対してこの性能の必要性が確認されたものということができる。

さらに今回の改正では、今まで規定されていなかったすべり抵抗性能等に對して解説や参考資料が追加されている。それらは、GMに必要な性能の検討を進めて明らかになった項目であるが、直ちには規格制定するだけの環境が整っていないため、規格本文への規定ができなかったものである。GMの安全性に最近、特に関心が寄せられる問題として、ふた表面のすべり抵抗性能がある。舗道や建物の内部の床で滑って転倒し、死亡にいたるケースが年間に3684人にも達していることは驚きである（平成15年厚生労働省統計）。交通事故の死者が年間1万人を切っている状態から考えても滑り、転倒問題は大きな社会問題である。ふたのすべり抵抗については、規格本文の図中に「滑り止め表面模様」との記載があるのみで、詳細については「参考資料」に説明が加えられている。そこでは、滑りと滑り止めの原理、抵抗値の測定方法、参考とすべき道路の基準などが説明されている。この解説文の内容がさらに検討され、滑り問題に関する世論が喚起され、安全なGMの普及につながることが期待されている。

2 マンホールふたの性能規定を考える



マンホールふたの応力測定

うちで車道や歩道に設置され、一般住民と最も接点の多い構造物であるため、安全上の配慮が最も求められる公共資機材である。これまでどちらかというと事業体が独自型式を指定し、それを多数の製造者が納入するケースが多くたが、型式の指定に関する説明性・透明性は必ずしも明確ではなかった。そのため、これから発注仕様については、安全性の高いGMの採用に向け、性能規定化を進めていくことが必要と考えられる。

性能規定では、構造物の果たすべき役割から必要な性能を決定していく。これらの性能を抽出するために、当該構造物の使用環境を想定し、その環境に

分が存在する。
常時は使用時間的にウェイトの高い状態、GMであれば想定の車両や人の通行が行われている状態、下水管路が計画設計範囲で正常に機能している状態などである。非常時はそれ以外の状態で、想定外の車両荷重が負荷される場合や、管路内に内圧が発生する場合などである。これらの使用区分で必要な性能を極力網羅して抽出することが必要である。但し、性能を抽出してもその照査ができなければ、単なる願望・希望になってしまふため、照査方法と併せて性能項目の抽出が必要である。その意味で技術レベルの現状把握が必須となる。

おける必要な性能抽出を行う。使用環境は当該構造物が使用される場所、状況により分類される。GMの使用環境については、公共空間では車道（大型車が頻繁に通る道路、大型車が頻繁には通らない道路に分類）、歩道・管理用地等に分類される。このそれぞれの分類範囲において、常時・非常時の区

5 性能を担保するための検査のあり方

構造物の性能は、使用される材料及び構造・寸法などの要素の設計とその製造の確からしさによって決まる。日々量産する中での材料及び構造・寸法などの品質管理が行われるわけだが、今後さまざまな性能項目と性能照査方法が求められる場合、それだけでは十分な管理とは言えない。

1) 製造ばらつきの要素と性能への影響

これまでのGMの仕様では、耐荷重性能、材質、基本構造（形状・寸法）を主に規定し、その他性能は抽象的表現に留め、検査方法と基準までは明示しないことが一般的であった。しかし、性能規定では必要な性能を網羅し、それらの照査方法・基準を明示することが必須となる。そして、規定された性能を量産製造の中で保証するには、これまでのふた、枠、機能部品など各々の材質や基本寸法を主に検査する体制から性能をも含めた検査体制に変わらなければならない。これはGMの性能は、ふた、枠、機能部品をセットした状態での適切

な相互関係で発揮されるためである。つまり、各々の微小な形状や寸法変動が、ふた、枠、機能部品をセットした際の相互の嵌合性（かんごうせい）や係り具合に影響し、圧力解放耐揚圧性能や耐がたつき性能などに、少なからず影響を及ぼすからである。

しかしながらGMのように工業的に量産製造する製品の品質は、大型構造物のような一品料理ではないため、程度の差はある、ばらつきは発生するものである。特に近年は、公共事業予算縮減にともない各メーカーは収益確保のために製造と管理の効率化が迫られている。そのような経営環境では、作業のアウトソーシング化、原材料変更や半製品の海外調達への動き、検査スリム化などが進められることが予想される。このような製造条件が変動しやすい環境の中では、メーカーと事業体の間で定期的な性能チェックがなされなければ、いつのまにか性能が基準を満足できていなかつたという重大な問題を発生させる可能性を秘めることになる。

2) メーカーの品質管理・性能管理の責任と実際

メーカーは性能規定化の中でこれま

で以上に製造条件や品質、性能を管理する責任を持つべきである。材質や寸法などのつくり込みと検査方法の見直しを行い、まずは日常的な工程管理の質を向上させることが要求される。しかし、さまざまな因子がセット状態で複雑に影響しあう性能までも100%保証・証明することは困難である。とは言ってもメーカーが日々発注者に納入する都度、抜き取りで破壊検査や摩耗検査などを実施し、性能を監視することはコスト面、効率面から困難である。また今後の性能規定化動向によっては新たな試験・検査機器の導入が必要になる。

3) 事業体による検査の役割と運用指針

事業体の要求にもとづき規定された性能を各メーカーが実現できているかは、採用時の型式立会検査で全ての性能をチェックすることは当然ながら、その後も継続し定期的に性能監視することが求められる。その際、各性能を監視する頻度や方法は、各事業体の購入数、メーカーの同型式の製造数、及び市民の安全確保に対する各性能の役割の重要性、さらには製造ばらつきの影響を受け易い性能かどうか、検査に要する負

担はどうか等を勘案し決定することが、安全確保面と効率面から適切である。

実際の運用に当たっては、以下の通り、G4規格の検査ロットの考え方や既に大半の事業体が仕様書で定めている定期検査の組み合わせで性能監視する方法が基本的な指針となる。

月次（購入／製造ロット）検査

月次もしくは購入ロット等の頻度で、メーカー成績書にて性能を検査。材質・寸法検査に加え、安全上重要な製造ばらつきの影響を受け易い性能検査が対象。

例えば、耐荷重、耐がたつき、耐揚圧強度など。

年次検査

製造ばらつきの影響が小さい、もしくは耐久性評価など検査負荷が大きい性能検査も対象。

例えば、がたつき耐久性、耐スリップ、水理的浮上試験、実体切出しによる材質など。

必要な安全性能を網羅し、継続して市民に安全を提供するには、月次・年次の定期検査は不可欠といえる。

2 マンホールふたの性能規定を考える

4) 性能検査上の留意点と課題

安全性を網羅するにはさまざまな性能に対する検査が必要となり、そのため検査時間の短縮を目的に同型式で数セットの検査品を準備し検査することがある。その際に留意すべきは、二律背反しがちな性能であっても実際の設置現場では両立させなければならない性能があるということである。

例えば、ふたのがたつきを防止するためにふたを枠に食い込ませなければならぬ一方で、維持管理上はふたは開け易さ、管路の安全弁としての機能(食い込みの低減)が要求される。つまりふたの耐がたつき性能と開放性能は同

一の検査品で実施し、両立できていることを確認する必要がある。

また今後、耐用年数に対する性能を規定する必要性が高まる中で、採用検査時に耐久性を含めた性能検査が必要である。

6 GMに必要とされる性能

GMは道路にあっては、通行車両や歩行者には段差やスリップなどの問題が常につきまとい、内部からは腐食性ガスや多量の雨水の流入によるふたの浮上・飛散などの問題を抱えている。

これらの現象に対して危険を回避し、

本来の機能を発揮するためにいかなる性能、水準のふたが求められているのか。

GMが使用されるさまざまな環境条件から、必要な性能を抽出していかなければならない。

常時の環境としては、重車道、軽車道、歩道等で通常の車両・歩行者の通行時や維持管理時での通常の取り扱いである。非常時の環境としては、重機など特殊な荷重、豪雨時の内圧現象、維持管理作業時の外力の作用、さらに特殊環境として積雪環境などがある。

こうした環境条件をもとに、GMに必要な限界性能を安全限界性能と使用限界性能に分類し、耐用年数を設定してプロダクト設計を行っていかなければならない。限界性能については、安全上問題を発生する範囲の境界を安全限界、使用上不都合を生じる範囲の境界を使用限界とし、GMに要求される性能を設定することになるが、各々の限界性能を検討するにあたってどのような問題事象が対象となるか、その抜粋したものを表-1に示す。

安全性能の考え方(抜粋)			
使用状態	性 能	安全限界性能の対象事象	使用限界性能の対象事象
通常使用時	耐がたつき	摩耗、腐食によるがたつき、飛散	がたつき音の発生
	耐スリップ	表面摩耗や摩擦係数低下による歩行者や二輪車のスリップ	
	耐荷重	腐食によるリブ構造の劣化や材質不適によるふた変形、破損	荷重設計上の問題などでふた変形に対し、十分な耐久性を有していない状態
豪雨時	耐揚圧	錠・蝶番強度の不足、破断によるふた開放・飛散	圧力解放時の衝撃で錠が優先破断し錠機能を損なった状態
	転落防止	ふた開放時の衝撃による転落防止装置の破損、強度不足による転落	ふた開放時の衝撃や外力による昇降性の劣化、部材の部分変形
維持管理時	ふた開閉性		過剰食い込みや錠破損などにより専用工具でふた開閉ができない
	不法開放防止	錠の構造や強度問題によりつるはしなどでふたが開放され、そのまま放置し転落したり、不法な投棄が発生	
	ふた逸脱防止	蝶番機能部位の形状不具合により旋回・転回時にふたが逸脱しやすい	
	転落防止	転落防止装置の強度不足や未装着による転落	
積雪地域	昇降作業性		有効内径不足や手持ちレスによるマンホールへの昇降困難 転落防止装置の過度なぐらつきによる昇降不安定
	除雪車対応	ふた、枠の突出による除雪車排土板の衝突	

表-1



2 マンホールふたの性能規定を考える

7 今後の課題

性能規定化は、一品生産ないしは繰り返し生産の少ない大型構造物に適用され、説明性や透明性の向上、技術の進歩に寄与してきた。GMは、これらと対極にあると言ってもいいものであるが、多面的で高度な役割と性能を要求される構造物であり、性能規定適用のメリット(採用・発注の透明性や安全・技術進歩の促進)を最大限に生かしていくためには、関係者の理解と運用の定着が必要である。今後、GMの性能規定化を進めるにあたっての課題を以下に整理する。

1) 性能規定における品質保証のあり方

量産品であるGMの性能は基本的に材料と構造・寸法の確保によって決まる。その意味で品質管理は従来と何ら変わるものではないが、性能と材料・構造・寸法の関係がどこまで理論的・実験的に把握できるかが鍵となる。ただ、この関係は必ずしも一義的でなく、性能を定期的に確認する必要がある。定期的な性能検査を前提として、品質

管理のあり方、検査の頻度・方法など具体的展開が課題となる。

2) 公的規格への性能項目の拡大

現在の下水道協会規格は、一部必要な性能は盛り込まれたものとなっているが、さらなるGMの安全性向上のために性能規定項目の拡大は引き続き課題となる。

3) 性能規定化におけるトータルコスト管理

より安全を追求していくことで新たな性能項目の導入とそれに伴う照査・検査コストが必要となるが、安全性と維持管理性を含めたトータルコストの管理・評価が課題となる。

4) 下記の性能を満たすための課題

- ふたと枠の間、GMが設置される路面との間に段差を生じない性能、工法の開発
- 路面と一体のすべり抵抗を有するふた表面性能の開発
- がたつきと過剰食い込みを同時に解決できる支持性能の開発

- 取り扱いの容易な軽量ふたの開発
- ふたの止水と内部ガスの排出が可能な性能の開発
- 施工性、維持管理性に優れたGMの開発

G&U技術研究センターは、これらの課題の解決を進め、より安全なマンホールの普及を進めていきたいと考えている。

マンホールふたの問題点

- ① 腐食
- ② 歩道との段差
- ③ 磨耗によるスリップの危険性
- ④ 中央部に生じたヒビ
- ⑤ 施工不良で道路が破損
- 点検
- ⑥ 開閉操作
- ⑦ 模様の深さ
- ⑧ 調整部施工



2 マンホールふたの性能規定を考える

残された技術課題

－食い込み力の制御－

日本のマンホールふたは、高度経済成長に伴うモータリゼーションや下水道整備事業の進展といった都市機能の高度化に合わせて、直径わずか60cmの中に「安全」を軸とした様々な新技術を織り込みながら、安全で快適な都市空間の実現に貢献してきた。

しかしながら、昨今の地球環境や都市環境の変化に伴う都市型水害の発生や、安全性や経済性に対する市民の意識の高まり、そして高齢化社会の到来を視野に入れたインフラのバリアフリー化など、マン

ホールふたを取り巻く環境は常に変化を続けており、マンホールふたにも留まることのない進化が要求されている。

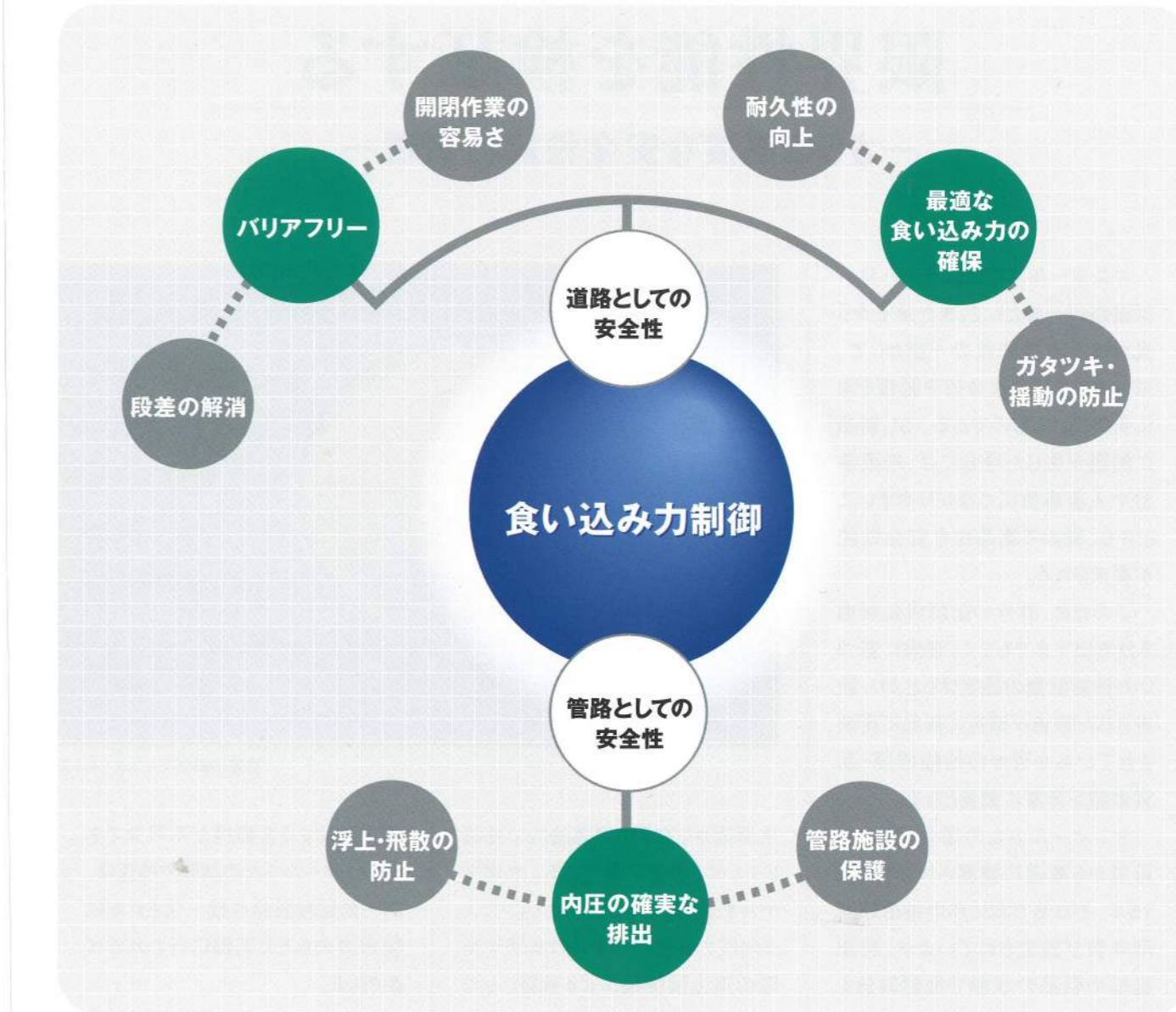
一般的に普及している急勾配受け構造の製品では、その構造的な限界として、過剰な食い込みの発生が大きな技術課題として残されていた。

急勾配受け構造は、ガタツキ騒音の発生を社会から無くすという意味では大きな社会貢献をしてきたが、そのシンプルな構造的特性から、過酷な設置環境によってはふたが斜

めにはまったくまま食い込んでしまうことや、開けることが極めて困難になるような過剰な食い込みが、一部ではあるが発生していた。さらに水理シミュレーション等によるマンホールふたの浮上・飛散のメカニズムに関する研究成果から、過剰な食い込みはふたが開けられなくなるといった維持管理上の問題だけではなく、浮上・飛散現象に対しては、内圧を強く押さえ込むことになるため、一定の限界を超えると衝撃的な力を発生させ、重たいふたを吹き飛ばしてしまうといった新しいリスクにつなが



東海豪雨で浸水被害を受けた名古屋市天白区の野並地区=2000年9月12日(KYODO Photo)



ることが明らかになってきている。

この食い込み力を制御する技術は、マンホールふたの安全性能を考える上でコアテクノロジーとなるもので、この技術が実現すれば、従来の製品では解決できなかった課題

が一挙に解決するだけではなく、15年・30年といった長期に亘る安全性能を保持するための『限界性能』における安全領域の拡大を実現する。同時に、IT関連技術等とも融合することで、例えば路上に設置

されているマンホールふたを遠隔操作で自動開閉することも、この技術によって夢でなくなるかもしれない。このように『食い込み力制御』技術は、次の時代への扉を開く技術として大きな注目が集まっている。

マンホールふたの 性能規定を考える

限界性能を検証する

—さらに高度な安全性能の実現—

マンホールふたは地上から見れば道路の一部として、また地下から見れば下水管路の一部として、双方からの様々な負荷や影響を常に受け続けるものである。もし製品に問題が生じた場合には、車両事故や人身事故につながりやすいことから、極めて高品位な安全性能が要求される。

このため、昨今の耐震偽装疑惑を持ち出すまでもなく、理論に基づいた性能数値の設定はもとより、設定された数値が確実に製品に反映されているか否かの性能確認・品質確認が非常に重要となる。

マンホールふたの場合、国土交通省から車道に設置されたものは15年、その他では30年の標準的耐用年数が設定されているが、設置当初の新品の状態で性能数値を満足しているだけでは不十分である。長期に亘って安全に関する要求性能を保持するためには、いわゆる『限界性能』という視点から、耐久性を含めた総合的な性能評価を行わなければならない。

そのためには、ふたのガタツキや浮上・飛散といった現象を、その発



表面が摩耗したマンホールふた

生原因から究明して理論的に定義していくことが必要である。水理モデルを活用したシミュレーションによる内圧の発生プロセスの究明や実際の浮上試験機による検証、ふたの挙動変化や耐久性については、輪荷重走行試験や繰り返し荷重強度試験といった実フィールドを想定した過酷な物理試験等のさまざまな試験検証を前提に最適な検査方法を考える必要がある。

特に、性能規定における自由な開発競争のもとでは、その性能や

品質に対する客観性が不可欠であり、マンホールふたの試験や検査は、同一の試験設備や統一化された試験方法のもとで正確に行われるべきである。

マンホールふたの性能規定を進めていくためには、必要な安全性能とその試験検証方法を具体化していくことが必要である。以下に事例としてマンホールふたにおける主要な安全性能とその試験検証方法を掲げ、今後の規定化の一助としたい。

1 浮上・飛散を 試験検証する

現在の下水道の排水能力は、昭和34(1959)年に制定された「下水道施設基準」により、降雨強度が1時間あたり50mm程度を規準として設計がなされている。近年の100mm/hのようなゲリラ的集中豪雨や、50mm/hを超えた降雨量が多発するような現在の状況は想定されてはいなかった。

このため、排水能力をはるかに超える急激な集中豪雨は、下水管に急激に流れ込む雨水の水圧や、圧縮された空気圧によって重

いマンホールふたを飛散させるほどである。ふたが受枠から外れたままの状態で冠水してしまった場合には、歩行者が気付かずにマンホール内に転落するなど重大な危険性が存在する。

マンホールふたの浮上・飛散現象に対しては、一定の内圧がかかった段階でふたが確実に浮上して内圧を排出するだけではなく、浮上・飛散防止機能を破壊するような異常内圧が発生した場合でも、できる限り安全な状態でふたが壊れるように現象をコントロールする必要がある。

しかし、この構造でコントロールできる限界

を超えた衝撃的な内圧が発生した場合には、ロックと蝶番が同時に破損して、浮上したふたが飛散してしまう恐れがある。こうした状況下で安全性を確保するために最も重要なことは、ロックが先に破損して、ふたは蝶番によって受枠に結合された状態でふたが開放されることである。この一連のプロセスを適切に機能させるためには、まずふたの食い込み力が適切に設定されていることが必要で、それを前提とした計算に基づいて、ロックより蝶番の強度を高く設計するといった高い技術レベルが必要となってくる。

また、ロック・蝶番部品は形状的にも腐食が進みやすい部分である。腐食が進行すると耐揚圧強度が低下してくるため、ロック・蝶番部品は定期的に点検し、強度が規定値を下回るような限界寸法を超える前に部品の交換を行うことが必要である。腐食の問題は程度の差もさまざま、定期的な維持管理や耐食性を持たせた皮膜処理など使用状況等に応じた対応によっても解決ができる。



試験検証の考え方

ふたの食い込み力は、内圧による衝撃力緩和のためには低いほうが良いが、急勾配受け構造ではガタツキ防止のための必須条件であり、適度の食い込み力も必要である。必要となる食い込み力は交通状況(大型車の交通量)によって異なってくるため、実際に発生している食い込み力の最大値を推定し、蝶番やロックの強度を設定する必要がある。

日本下水道協会規格JSWAS G-4では、その解説でこれまでのデータから食い込み力の最大値を60kNと推定している。蝶番とロックの耐揚圧強度は少なくともこの60kNを上回る必要があるが、実際に60kN程度まで食い込んでいる状態では、内圧でふたが開放した際の衝撃力は60kNを超えるため、ロックと蝶番が共に破損し、ふたが飛散する可能性が高まることが同規格・参考資料に示されている。この意味ではふたの食い込み力は、ガタツキを防止できる範囲で極力低く制御することが本質的に重要と言える。

耐揚圧性能の試験方法は、下水道協会規格による耐揚圧強度試験の他、ふたの食い込み力試験、水圧試験機を使用した圧縮空気による内圧試験も必要である。これらの試験方法も同規格の参考資料に示されている。

マンホールふたの性能規定を考える

2 ガタツキを試験検証する

現在の技術水準の材質や構造を備えた製品であれば、ふたが割れたり変形したりすることはほとんど考えられないが、ふたと受枠とが接触する勾配面における摩耗の進行は、ガタツキ騒音を発生させ、さらに車両の通行による衝撃でふたが飛散するといったような大きな事故の原因となる危険性がある。このため、車道におけるマンホールふたの標準的耐用年数とされた15年間の性能を保証するためには、ふたと受枠とが接触する勾配面の耐久性を検証する必要がある。

この摩耗の進行を抑制するためには、車両の通過時に発生するふたの揺動を抑えることが必要となる。この揺動を制御するためには適切な値にコントロールされた食い込み力と、これを長期間に亘って安定的に発生させるために最適設計された蓋枠支持構造が重要となる。



試験検証の考え方

ガタツキに関する検証はこれまであまり行われてきていませんが、下水道協会規格でも落球衝撃やテストハンマーによる簡易試験方法が示されている。活荷重に道路橋示方書の衝撃係数1.4を乗じた荷重を負荷して、ふたのずり上がり現象がないことが必要である(ずり上がりの繰返しは勾配面の摩耗につながり、ひいてはガタツキにつながる)。なお、急勾配受け構造のふたの試験に際しては食い込み状態にした後に行う。

さらにガタツキの耐久性を検証するためには、「舗装の構造に関する技術基準・同解説」でいうD交通(計画交通量1日3,000台以上)を考えれば、3,000台/日×365日×15年×0.5=822万台の通行を想定する必要がある。同基準では2車線以下の道路では、すべてが1

車線を通過するものとみなすとしており、3車線以上の道路では1車線を70%が通過するものとしている。マンホールふたの場合、この比率をどのくらいに設定すべきかは状況によって変わらるが、T-25車両以外の車両の混入率も勘案して、平均値として50%と仮定する。軽車道ではL交通(計画交通量1日100台未満)からA・B交通(計画交通量1日100台以上1,000台未満)レベルを想定すればよい。歩道ではたまに車両が乗り上げることがあったとしても、ガタツキに関しては人の通行が主であることを考えれば問題はないと考える。

ガタツキ性能はこれまでの検証からも分かるように、初期性能だけでは評価ができない。そのため、実フィールドに近い輪荷重走行試験を行う必要がある。試験方法は実タイヤに荷重を載荷し、これを往復走行させ必要輪数を負荷してガタツキの発生がないかを確認する。これによってガタツキの耐久性が検証できる。

『市民の安全』の視点から考える

以上のように、マンホールふたは厳しい設置環境のなかで、複合的な安全性能を実現しなければならない非常に高度な技術水準が要求される製品である。

これまでのように発生するリスクに対して、対症療法的に一時的な

課題解決を図ることは比較的容易であったかもしれない。しかし、これらの時代には、初期性能だけの個々の安全性ではなく、『限界性能』の視点から長期にわたって持続する総合的な安全性能を、維持管理も含めたライフサイクルコストの視点

からトータルとしての経済性を技術として実現していくことが求められている。

さらに、これから時代にふさわしい性能規定の考え方を、正しい解釈のもとにマンホールふたに最適な規定として実現するためにも、理論に基づいた『食い込み力制御』の実現、浮上・飛散現象の水理学

3 スリップを試験検証する

雨などで滑りやすくなったマンホールふたは、特に車道でバイクに乗っている人にとっては大変危険な存在となる。

スリップの要因となるものは雨などの水分だけではない。乾いた砂なども大きな要因のひとつである。ふた表面の凸部とタイヤの間に介在する砂は、コロのように働いて一時的に滑りやすくすると同時に、ふた表面を研磨し摩耗させ、時間の経過とともにふたを一層

滑りやすいものとする。

一般的には、車道に設置されているふたの表面は1年間に約0.2mm摩耗すると言われており、表面凸部の高さが3mm以下になった場合はスリップの危険性が高まってくる。

これまでにも、スリップ防止策としてふたに表面処理(ザラつき加工をする、ゴムを貼る等)をして滑りにくくするなど、いろいろな方法が考案されてきた。しかし、これらの表面処理は、初期性能としてはある程度の効果が期待できましたが、摩耗に弱いため年間に数十万回も車両が通過するような厳しい道路環境では、

その効果は一時的なものでしかない。

耐スリップ性能を長期間にわたって持続させるためには、単なる表面処理によって摩擦力を高める方法ではなく、タイヤにとって最適なグリップ力を発揮できる表面構造として、根本から研究開発に取り組む必要がある。さらにふた表面の凸部は、できるだけ砂や水が乗らないような独立形状にするとともに、ふた表面に溜まった水や砂をふたの外周部から効率的に排出できるような構造の検討も求められる。

試験検証の考え方

ふたの表面デザインの摩擦係数測定は、DFテスターR85で測定する。測定は未塗装で、さらに表面の鋸歯の影響をなくすために表面研磨を行なうとともに、模様のエッジが尖り過ぎないようにサンドペーパーにて角落としをして、表面粗さをRa5以下にする。測定範囲は60cmのふたで基本的には9箇所をサンプリングし、一箇所を3回測定して、平均値で評価する。模様が均一である場合は、サンプリング箇所数は適宜減らして行なうことができる。特に車道における標準的耐用年数15年を想定した場合の表面摩擦係数の測定は、表面模様を3mmまで削り込んで、さらにエッジ部分のR加工処理を行なった製品で行なわなければならない。

DFテスターR85はゴムスライダーを直径170mmの円弧上で回転させて抵抗を測定する機器である。デザインの特性によっては直進していく車両のタイヤに対するすべり抵抗とは差が出ることもあり得るため、

他のふた表面評価試験機等を併用した測定・評価を行うことも必要である。

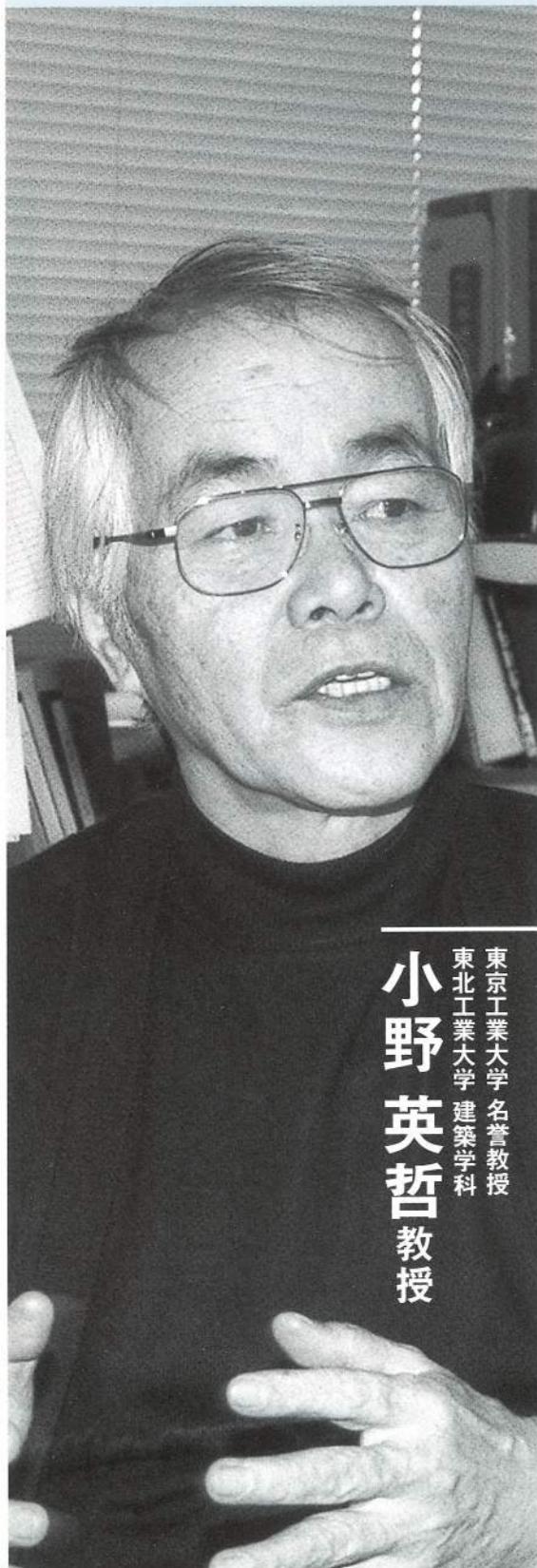
ふたの表面デザインは、車両の通過により経年摩耗を呈し、これにより表面の摩擦係数(動摩擦)は低下して、車両や歩行者が滑り易い状態へと変化する。耐用年数までの間、表面模様の摩耗がどう推移するかは、設置環境(通行車両の種類・交通量・舗装状態など)やデザインの形状と材質によって変化していく。例えば、材質は硬さが低いほど摩耗量は多くなるし、デザイン形状では凸部の表面積が少ないと摩耗量が多いと考えられる。

これまで明確な相関は認められていないが、下水道用マンホールふた維持管理マニュアル(日本下水道協会)では実測データにより、一般的な道路・一般的なデザインでの年間の摩耗量は0.2mmとしている。しかし、より正確に評価するためには、個々のデザインが評価できるアブレイシブ摩耗試験の開発も必要となる。



3 性能規定化へ向かうための問題点と現状

建築基準法の改正やJIS規格にも、性能規定という考え方が盛り込まれ、具体的に移行しつつもある。その現状と規定化へと向かうための問題点や課題について、床を性能面から追い続けてきた東北工業大学建築学科の小野英哲教授に話してもらった。



小野英哲教授

東京工業大学
名誉教授
建築学科

1 性能規定へのアプローチ

建築で、性能規定という考え方を具現化したのは、平成10(1998)年に改正された建築基準法に盛り込まれてからだ。建築は、その建築基準法に則って行われる。従来は例えば、これくらいの空間だったら、何間置きに柱を建てなさい、柱の何寸角以上のものを使いなさいなどとこと細かく記された、具体的に設計者が計算も何もしなくても建物が建ってしまうような「仕様規定」だった。これは大工さんたちには役に立った。決められた枠内に知識や経験をばんばん投入していくべきだから。こういったやり方は、明治以降、昭和初期あたりまで、伝統的に取り入れられてきたやり方と同じだった。

しかし、問題点が出てきた。新材料や新構法の出現である。例えば「屋根はこうあるべきだ」と決められていたものが、「屋根は屋根の機能や性能を満たせばいい」となってしまったら、こうあるべきという仕様規定では対応できなくなってしまうわけだ。と同時に、国としても、従来からある仕様規定では新しい建築ができなくなってきたというあせりが出

てきた。では、どうするか。新しい材料をその都度入れていけばいいじゃないか、という考え方もあるが、それでは限りのない話になってしまう。

そこで、出てきたのが性能規定である。大胆に言えば、「材料も構法もよければ、それでいいじゃないか」というものだ。つまり、新材料や新構法も許容しましよう。しかし、むやみやたらと何でも許容していたら問題があるので、必ず計算とかの保証をつけさせる。これが性能規定になった。非常に大きなところでの性能規定としては、構造上倒れない、震度7が来ても大丈夫などといった7項目をつくり、すべての材料や構法に関わりなく、性能=「良し悪し」がよければよろしい、と大雑把に建築基準法を変えていったのである。

仕様規定と性能規定の違いは、例えば誰のためのものかと考えると分かりやすい。従来の基準や規格などの仕様規定は、とりあえず製造者、製作者のためのものだった。もちろん使う人の立場も考えてはいたわけだが。では、性能規定になると何が変わるのがといえば、つくるのは誰がつくってもいい、ただし使う人、使用者中心の規定になっているということだ。開発費用や手間暇が

かかるからメーカーは困るだろうが、速度は遅くともメーカーも目覚めてきているし、ユーザーもいいものを求め始めている。そこには、裕福になったから、あるいは事故による裁判訴訟が多くなっているなどという側面もある。

JIS規格も性能JISへと大きく移行しつつある

では、現状はどうなっているのかと言えば、なかなか性能規定化は進んでいない。その都度、測ったり計算したりしなければならないので、建てる方にも負担がかかってくるからだ。性能規定と仕様規定が混在しているのが現実だが、世界的に見ても例えば、ISO(国際標準化機構)の考え方も性能規定が主流になっており、確実に変わっては来ている。JIS規格が我が国では幅をきかせているが、従来の材料や寸法、形状などの規格を細かく決めたJISから、性能JISへと大きく移行して来ている。

性能JISへの取り組みは、建築関係が先行しているが、その中でも床・床材が進んでいる。性能規定という概念がなかった20年前に、すでに床材材料のJISには性能が盛り込まれていた。例えば、体育館の床は平成元(1989)年に

性能を具体的な数値で表記したJISになっている。性能規定では、性能をどう評価するか、つまり測定評価ができないればならないわけだが、床ではそれが充実していた。床は実証がやりやすいということがあったからだ。私を中心とする東京工業大学のグループでは、学会や産業界が全く関心を払わなかった40年前から、床を性能面から追い続けてきた結果が、その一翼を担っていると言える。

一般に建築物においては、具体的にISOよりも先行している。ヨーロッパ・アメリカを中心に考えは早めに出されるが、いまだにそのための適切な試験方法等が採用されるには至っておらず、世界から資料等を集めて議論を進めているという段階。項目は揃っているが、具体的なものはないという状態だ。というのも、ISOの役員幹部はそれぞれの会社の人間で任期は3年、テーマが決められても3年の任期では何もできないままにメンバー交替が行われ、さらにアメリカとヨーロッパが対抗し合って互いに主張を譲らないこともある。日本や中国などは言葉の違いもあって論外、日本のやり方が取り入れられるということはないだろう。そうした状況下では、ISOは組織として機能しているとは言い難いところがある。

ある。

日本の建築では性能発注の傾向は強くなって来ている。建築基準法やJISに性能規定があるわけではないが、例えば「すべり」について言えば、JISには以前から試験機がある。しかし、規格値については皆さんで考えてくださいというのが基本だ。値で決めてしまうのは難しく、数値だけが一人歩きをしてしまうことがある。すべりの理想的な数値にはについてこられないメーカーが大半であり、数値を決めようとすれば大反対を受けることになる。また、建築基準法やJISでもメーカーが強く、それはできないという話になる。その時、補足する形でできているのが、「まちづくり条例」である。まちづくり条例では規格値が決められているが、拘束力はない。つまり、守らなくてもいいわけだ。すべりは目標値、許容値になっている。JISでも数値を決めたいが、なかなか決めきれない。決めてしまうことにも問題があって、それが目標値になってしまふと進歩しなくなるのではないかということだ。このように、建築基準法やJISでは、すべりにくいようにしない、という極めてゆるやかな規格であって、性能を規格値で決めているのはあくまで条例なのである。

3 性能規定化へ向かうための問題点と現状

こうした現状で性能規定をすすめていくための課題として次のようなものがある。「末端まで行き渡らない」「曖昧だ」「理解するのが大変」「費用がかかり過ぎる」などの批判が出ているのは事実であり、その基本にあるのが測定評価方法が完備されていないということだ。完備されれば、測るなりできるわけだが、その結果として高いものについてしまうと、日本のユーザーは高いものは金を払わない。暮らしが裕福になって、いいものを求める傾向が出てきているのも事実だが、これも根強い現実である。こちらはユーザーを中心に考えていても、ユーザーの方がそんなに高いものでなくてもいいよ、ということになってしまう。そこへ耐震強度偽装事件を起こした不動産業者のように、「安ければいいだろう」の典型として性能の悪いものを平気で設計して売りに出してしまう。こうした現状を背景に、性能規定だからといって、一律にすべてを網羅するというのではなく、人の命に関わるような肝心のものだけやりなさいという考え方が出てくる。メーカーができる技術レベル、

注-1 平成15(2003)年の同一平面上での転倒による死者数は3684人。(厚生労働省統計)全国で発生している転倒事件数は年間数十万件にのぼる。

発注者のレベル、それにユーザーが求めるレベルというのもある。

2 ヒューマンエラーと裁判

ここで、裁判になった時の話をしてみよう。

事故が起きて誰かが訴えたとする。その時、裁判官が判断のポイントとするのは、メーカー側がその時点で最大の技術努力をしていたかどうかということだ。最大の技術努力というのは、例えば床のすべりであれば試験機を使って私が出した数値があるし、あるいはJIS規格になっている、学会の論文が出ているなどオーソライズされたものがあるかどうかということで、それがあってかつ技術努力をしていれば、極端に不都合なものは開発されないことから、メーカー側が極端に不利になることないと言える。今は、学会の情報や出されている論文を見過ごすのはメーカーの落ち度であり、裁判官はそうした情報漏れは許さない。性能項目の4つのうち3つは満足していたが1つに抜かりがあったとすれば、それはきつく処分される。建築物の欠点を見通すのはメーカーの責任であり、

努力し続ける必要がある。

しかし、事故は複数の要因で起こるケースが多い。工学的に研究された完璧な床材であっても、事故は起こる。そのあたりをどう対処していくかについては、裁判官もメーカーも学者も、それぞれに暗中模索をしているところだ。人間の不注意、ヒューマンエラーというものもある。それをどういう割合で入れていくかなど、裁判哲学として広く論議していかないと正解は出てこないのでないかと思う。

1個1個については工学的な研究として答えを出すことはできても、すべての条件をカバーすることはできない。アメリカでもこうした人的事故、ヒューマンエラーを学問として本気になって取り組み始めている。日本でも人間工学の分野で人的被害、ヒューマンエラーについては取り上げられているが、見方が短絡的で、社会全体に良い影響を及ぼすような考え方まだできていないのが現状のようだ。

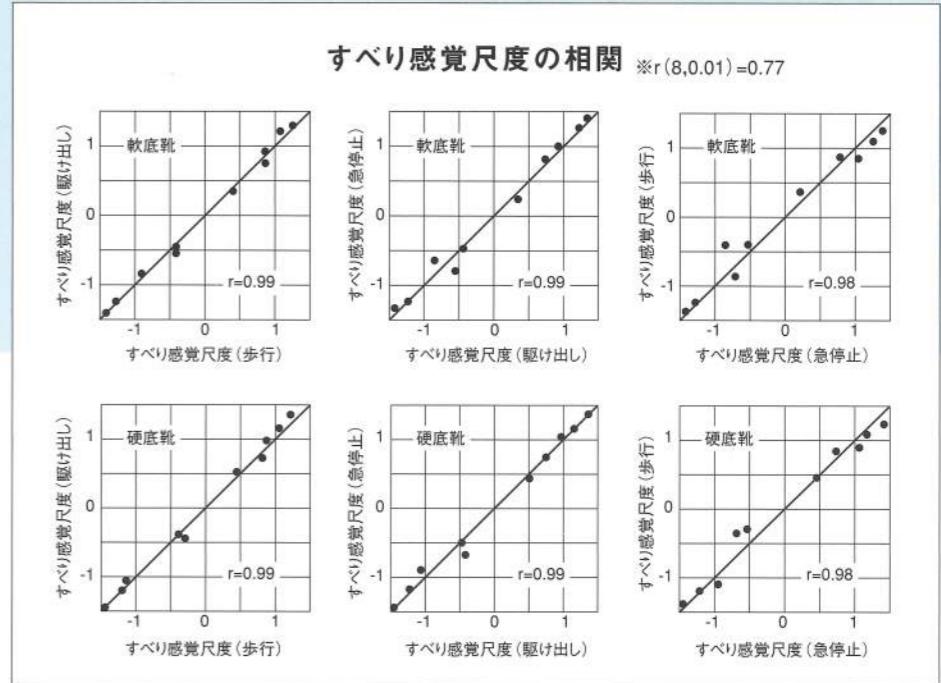
そしてまた、ユーザーは贅沢なものだ。例えばマンホールの事故が多いならマンホールをつくるのをやめたらいい、だが下水道の管理には必要だから安全なものをつくれなどと、自己矛盾しながら不可能な要求をメーカーに突きつけたりする

ものもある。また、床での転倒事故で年間多くの死者や負傷者が出ており注-1、被害者による訴訟も多く行われて社会問題にもなっている。個人的には統計としての数字よりも、一人でも安全にというのが私の哲学としてある。それにしても、昔の日本人は儒教の精神があつたせいか、事故にあっても自分が悪いんだと思って問題にしないというところがあった。が、今は対象物が悪かったんじゃないかななどと人のせいにしたり、訴えたら金が取れるなどと考える傾向もあるのではないかと思う。

その一方で、実際に非常識なものが増えていているのも事実だ。私のように足の悪い人間がいて、横断歩道で青になつたから渡っていると、渡り切る途中で信号が点滅し始める。あわてて戻ろうとして転びかねない状況に陥る危険性がある。これは明らかにつくる側のエラーである。気をつけたいと言われても、それ以前の問題なのだ。

3 試験機とすべり抵抗係数

気をつけていてもすべり床がある。す



べりには、さまざまに複合的な要因が存在するから、一概に許容値を設けることができない。例えば体育館の床であれば、すべり過ぎてもいけないが、すべりにくくともいけないなど、どこが要求されるレベルなのか条件を決めることができない。構造物によって違うが、基本的にすべりのいいのがいいわけだが、あまりすべりなくとも転んでもしまうものなのである。ではここで、すべりについて少し述べてみよう。

摩擦という言葉はよく耳にするが、では摩擦とすべりは同じものかというと、数式で表すと別個のものになる。が、すべりを表す際に用いるすべり抵抗係数(C.S.R)は、引っ張る抵抗であるから、摩擦とすべりは同じと考えると分かりやすい。床のすべりを測定する際、すべり抵抗の大小を左右する主な要因となるのが、①床材料 ②床表面の水、埃、油などの介在物 ③履物底 ④人間

3 性能規定化へ向かうための問題点と現状

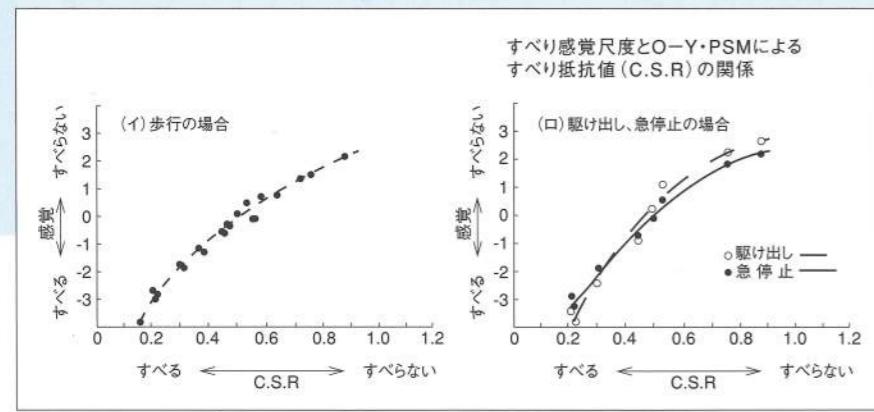


図-2

るすべり感覚尺度は、図-2でも分かるように非常にめらかに対応している。そこから私は、どんな床材であっても屋外の道路でも、また水や砂、油が介在していても、歩行や走りが中心の人のすべりの場合、C.S.R.は0.4以上あればよいと考える。

これがマンホールや側溝などになると、設置場所や模様・溝などによって、すべりはまったく違ったものになってくる。また、つまずきという問題も出てくる。マンホールであれば、周囲の道路などから踏み込む、あるいは踏み出すわけだか

ら、マンホールの蓋自体はC.S.R.が0.4以上あっても、歩行の途中ですべりの可能性が出てくる。側溝であれば、鉄蓋の柵の横方向はすべらないが、縦方向はすべりやすい。また、マンホールの蓋の模様など、溝は2mm以下を理想とする。しかし、5mm以下であれば、現実的には95%の人が引っかからないから、これな

らいいというところがある。あるいは、5mm以上あってつま先やかかとがひっかかるであっても、幅を狭くすることでつまずきを防ぐことも可能だ。

すべりは、劣化が加わると時系列的に変わってくる。床材の磨耗ですべりはどう変化していくかということに関しては、いまだ現実に推測する方法はない。

今、問題になっているのは駅のプラットホームなどだ。毎日の多くの乗降客によって路面の表面がすり減ってツルツルになっており、そこに雨が降ればさらにすべりやすくなつて、事故が多くなる。すり減ってすべり事故は認識しているが、ではどれくらい減ったら、どれくらいすべりようになるのか。プラットホームのすべり防止に、コンクリートの上に樹脂を塗って乾かぬうちに砂をまけば、紙やすりのようにすべらなくなる。

が、それ多くの乗降客によって次第にボロボロになり、最後にはやはりツルツルになってすべりようになつてしまう。JR西日本などでは、すべり試験機を入れてすべり抵抗を測りながら、乗客の安全を図っていると聞く。この磨耗については、古典的な法則や数式もなく非常に

難しい問題である。私が現在、研究室の大きな課題として取り組み続いているものもある。

4 性能規定化への道のり

性能規定については論議は行われているが、性能規定化は別の話、具体的な規定化まではいっていないというのが現状である。あるいは建前的にしまって、現場でみると重要視されていないところもある。床材などの性能発注は昔からあったし、今は盛んにもなっているが、だからといって、それが規定化に結びついていくというものではない。確かに性能評価をしていく流れはあるし、床など部分的にJISで決められた性能試験法もある。

性能規定化の大原則、基本精神は、構造物の「良し悪し」を数量的にチェックして決めましょうということだ。だが、そのための性能試験方法はいろいろあって、なかなか統一した見解は出てきていない。規定化が具体化するためには、この評価方法が確立され、それが全体的に完備されなければならない。第9次改訂建築基準法に性能規定が盛り込まれ

れたといっても、例えば耐震設計ひとつにしても、学者によるこういう案もある、こういう案もあるといった提案であって、そう簡単に規定化に結びつくものではない。省庁は提案などのとりまとめはするが、それを研究していこうという能力と意欲のある人間が少ないので現実だ。

規定とは、国が定めるもので、それは必ず守らなければならず、違反すれば罰則がある。JISなども、規定ではなく規格である。そこでも規格として項目や試験方法はあるが、規格値までは決めていな

性能規定化の具体化には評価法の確立と完備が必要

い。そこで、違反しても罰則のない条例によって、ゆるやかに数値が決められるという構図になっている。

例えば、すべりについて表-1のような目標値を定めたとする。問題となるのは、「やや危ない」という数値である。「やや」でも「危ない」ものを国は許容するのか、無責任じゃないかということになる。国は責任をとらなければならないような規定はつくりたくないし、もし仮に全部「安全」にしなさいと言われても、業界がついていけない。また、安全を追及

すべりの評価指標の例

C.S.R(すべり抵抗係数)	評価
0~0.25	危ない
0.25~0.45	やや危ない
0.45~1.0	安全

表-1

するために床に全部油を塗って試験をすれば、これは全部危ないものになってしまう。

国は性能試験はやるかもしれないが、性能規定値は決めない。では、誰が決めるかと言えば、工業会レベルでの自主規制になる。発注者、製造者が、自主規制という合意の中でそれぞれに求められるレベルを決めていく。いつも高くていいものばかりでなく、時には安いものと、いろんな場面で選択していくわけだ。JISであれば、工業会が実質的に決めて、国がそれを認定するというシステムだ。これには拘束力もなく、規定とは全く重みが違う。ただし、即刻人の命に関わるもの、国民のニーズが高いもの、健康や資源といった問題は取り上げられやすい。自主規制の範疇にあるものについては、国は声かけはするが、何か答申されなければ動くことはない。市民の声に押されて産業界が動き、そして国が動くという形になるだろう。

性能規定については、業界によっても異なるが、すべてを網羅することは難しいだろう。しかし、より高い安全性を求め、それを具体化するために、性能規定化の論議は続けていかなければならないと考えている。(談)



PROFILE

小野 英哲 おの・ひでつ

1941年2月 岩手県生まれ
66年3月 東北大工学部卒業
69年10月 東京工業大学工学部建築学科助手
87年12月 同大学教授
2001年3月 同大学名誉教授
4月から東北工業大学教授に専門は建築材料・構法

下水管路の地震対策と性能規定

新潟県中越大震災による下水管路の被害を分析し、耐震対策、復旧・支援、危機管理体制へも広く言及しながら、地中を網の目のように走る下水管路の性能規定の方向性について、元長岡技術科学大学教授の藤田昌一さんに話してもらった。



写真-1

写真-2

写真-3

1 はじめに

平成16(2004)年10月23日に起きた新潟県中越大震災注-1では、私は現地で地震を体験をし、さまざまな被害を身近に見てきた。なかでも下水管路の被害は特に目立っていた。しかし、その実態把握と原因究明、そして耐震対策はまだ十分に確立されていない。そこで、被害状況から見た推論をいくつか試みてみたい。ただ、定量的かつ系統的なデータをもとにした議論ではないので、これは「名探偵の推理」の域を出ないのだが、いずれ「事件」の真相究明に向けて「証拠」を固めていくつもりである。ここでは地震対策における性能規定の問題についても考えてみようと思う。また本稿中、現象や効果についてのネーミングは、私が便宜上名付けたものであって、まだ世間に認知されているものではない。

注-1 新潟県中越大震災
2004(平成16)年10月23日17時56分、新潟県中部の深さ約13kmを震源地に発生。マグニチュード6.8、最大震度7、最大加速度1750ガル。本震後も最大震度6強の余震が数回発生した。避難者約10万人、住宅損壊約9万棟、被害額約3兆円を超えた。

藤田
昌一
氏

元長岡技術科学大学
環境建設系教授

2 今回の地震の特徴

何度も攻撃された

中越大震災では、表-1と表-2に見られるように、震度5以上の地震が短い期間内に何度も起きている。「本震よりも大きな余震はない」という定説は、今回の場合も間違いはなかった。しかし、図-1のように、余震の震源の場所があちこちに分散していたので、長岡の

場合でいうと「本震なみの余震が何度も来た」ということになったのである。

パワーが大きい

地震の強さ、地震加速度も阪神淡路が最大で818ガルだったが、中越では1700ガルという値だった。車で急発進した時に体に強い圧迫感がかかるように、加速度が増幅されたパワフルな地震であったと言える。

以上2点の特徴は、構造物にとっては、「強い力で何回も揺すられた」とい

うことになる。これが下水管路に大きな被害を与えた要因のように思う。

写真-1のように、マンホールが地表面より高くなっている箇所が多かった。場所によっては1m以上にもなった所もある。

3 下水管路の被害

被害についての地域的な分布や数量的なデータは数多く公表されているので、ここではやや定性的な特徴を見てみよう。

①飛び出すマンホール

②へこんだ地面

写真-2は、マンホール周辺の地盤が沈下した所であるが、その結果、見かけ上はマンホールが隆起しているように見える。

③地山にぶつかるマンホール

写真-3のように、マンホールと周囲の地盤が異なる動き方をしたために構造物の境目にひびわれが生じた。地盤の中でマンホールが暴れたのか、地盤が動いたのでマンホールがガタついたのか、おそらくその両方であろう。

気象庁発表震度5以上の回数

震源時 (年月日)	マグニチュード	最大震度
2004/10/23 17時56分	6.8	7
2004/10/23 17時59分	5.3	5強
2004/10/23 18時03分	6.3	5強
2004/10/23 18時07分	5.7	5強
2004/10/23 18時11分	6.0	6強
2004/10/23 18時34分	6.5	6強
2004/10/23 18時36分	5.1	5弱
2004/10/23 18時57分	5.3	5強
2004/10/23 19時36分	5.3	5弱
2004/10/23 19時45分	5.7	6弱
2004/10/23 19時48分	4.4	5弱
2004/10/24 14時21分	5.0	5強
2004/10/25 0時28分	5.3	5弱
2004/10/25 6時04分	5.8	5強
2004/10/27 10時40分	6.1	6弱
2004/11/4 8時57分	5.2	5強
2004/11/8 11時15分	5.9	5強
2004/11/10 3時43分	5.3	5弱

表-1

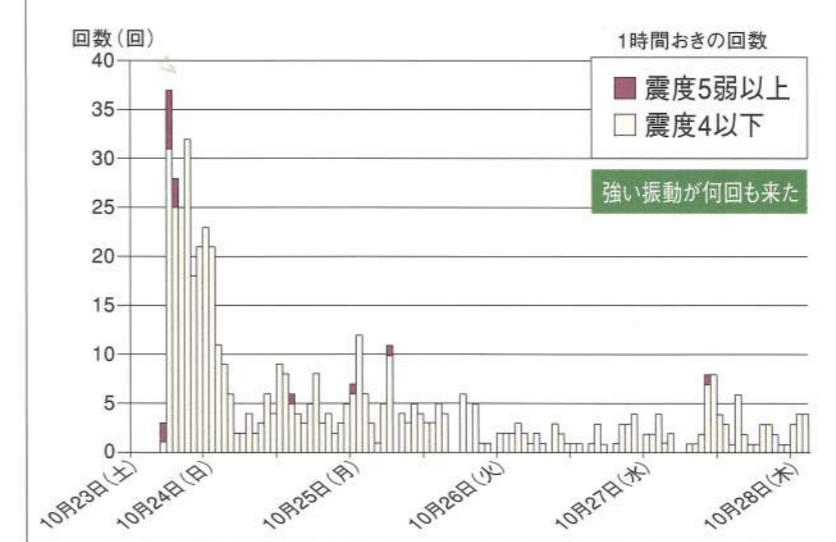


表-2

震源の断面図

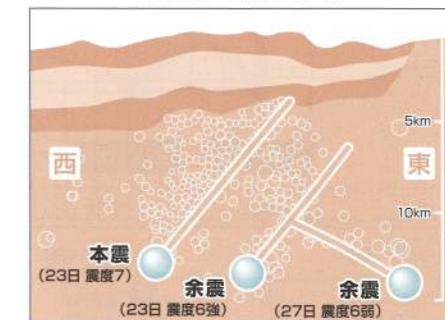


図-1

4 下水管路の地震対策と性能規定

④ 下水管のせいで道路が傷ついた
下水道が敷設されている部分での道路の沈下が目立った。道路管理者からすれば、「下水のせいで道路が傷んだ」と言いたいところである。下水道としては、「大家さんに迷惑をかけないように入居しておく」必要がある。

⑤ 管渠の浮上

図-2は、長岡市が調査した地震後の下水管渠(かんきょ)の状況を示した縦断面図である。管渠の浮き上がりが

起きていることが分かる。しかし管路中央部に浮上が少ないのは、取付け管が多少なりとも「押さえ」になっていたからであろう。管渠は、マンホールと取付け管に拘束されたために「への字」形に浮いている。

4 被害の原因

マンホールの隆起や地盤沈下を即、「液状化のため」と断定してよいのか、

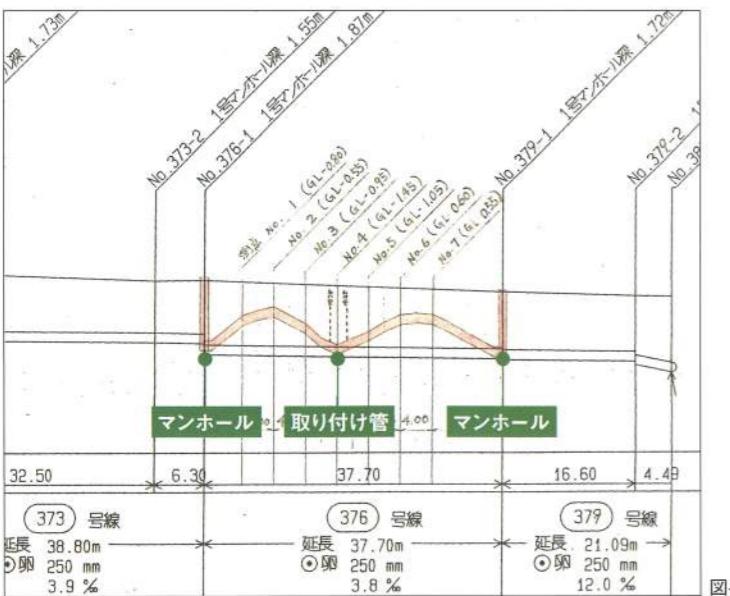
少々疑問が残る。液状化現象とは、地盤の中でかみ合って重なり合っている土の粒子の隙間の中に地下水があると、そこが地震によって搖すられて、土粒子のかみ合せがだんだん外れてきて、地下水の中に浮いたような状態になることである。

今回の地震でも液状化が起きたとみられるが、以下に述べる別の要因も働いているのではないかと思われる。これらは定量的データや実験に基づくものではなく、あくまで「推察」なのであるが、今後の地震対策を考える上で、少しは考慮に入れてよい要因ではないかと思う。

① 叩き上げ現象

下水道のマンホールは、写真-4に示すように、ほぼ円筒形の工場製のコンクリート構造物である。つまり「組立マンホール」である。標準的なサイズの、内径90cm、深さ2mの組立マンホールは、重さ1500kg、体積1.8m³で、比重は約0.8である。

地中に埋められたこの構造物が地盤の中で振動を受けて搖すられると、まず最初の搖れで構造物とその周辺の土との間の摩擦が切れた状態



42



写真-4



写真-5(長岡市役所 西川淳氏撮影)

になる。つまり周囲の地盤との関係がフリーになる。そこにまた本震と同程度の搖れが来ると、上下左右に動くことになるが、横方向には地山注-2があるので変位しにくい。結果として、上下方向に搖すられた時に構造物が上方に動く。一度上に動くと、構造物の下方は崩れた周囲の地山で埋められてしまふので、構造物は元の位置には戻れない。結果として、少し隆起した状態になる。

普通の地震ならここで止まるところであるが、今回の地震は本震クラスの地震が2時間に6回も起きているので、このような縦方向の連續震動によってマンホールの隆起が累加して次第に高くなっていたのではなかろうか。つまり、あたかも下から叩き上げられたかのような力を受けたことになる。すなわち、「叩き上げ現象」による「マンホールの成長」が起きたのではなかろうか。

注-2 地山(じやま)

盛土・表土・堆積物に対し、表層土の下にある、もともとの固い自然地盤。

② お茶筒とんとん現象

下水管渠の周りには、埋め戻しの砂がぎっしり詰まっている。しかし、実際の下水管渠工事で砂を埋め戻す作業は必ずしも十分に行われていないこともある。特に開削工法では、山留めのために切張(きりぱり)が1.5mおき(または3mおき)に掘削した溝を横断している。この間を縫って手押しの締固め機を巡らしていく作業は多くの時間と人手と入念な技術が必要である。

また可撓性(かとうせい)の管渠は(管の側面の締め固めが不十分な時には)、管の上部の埋め戻し砂を「あまり締め固めると管渠が水平方向に扁平に撓(たわ)む」とされ、簡単な埋め戻しと、不十分な締め固めのまま、交通開放を急ぐために仮舗装をすぐにかけてしまうことになる。

そういった緩い埋め戻しの砂が地震で震動を受けると、「お茶筒とんとん現象」で砂が締め固まつくる。つまり、お茶筒にお茶を入れる時に、お茶筒をとんとんと叩くと、カッサリと緩く入れられたお茶がギッシリと締まつくる現象である。管渠の周りに十分な締め固めをしていない土があると、お茶筒

③ 大玉せり上がり現象

下水管の周りの埋め戻しの砂が叩かれると、相対的に管渠が持ち上がる事にもなる。コップの中に大小の玉を入れて搖すると、大きな玉がだんだんと上方に集まつてくる。これを「大玉せり上がり現象」という(誰も言ってはいないが)。可撓性の管渠は軽いので、浮き上がりも容易なように思われる。もしそうだとすると、耐震対策上は重い管渠の方ががっちり締め固められるし、浮上もしにくいので有利なことになる。

④ 自己液化現象

震災にあった下水道施設はほとんどが分流式の污水管である。つまり地震が起きた午後6時頃には、1日のうちでも下水の流れが多い時間帯である。そういう下水管が地震にあると破壊に至らなくとも亀裂が入る。すると下水が漏れて管渠の周りの地山を濡らすこと

43

4 下水管路の 地震対策と性能規定

になる。何回も本格的な振動に見舞われると下水の漏水も進行するし、埋め戻しの砂の中にも水が行き渡っていく。かくして地下水位の高くない場所でも、管の周りの砂が水を含んで「液状化」の条件が揃うことにならないだろうか。つまり、下水管自身が液状化の状態をつくり出してしまった可能性がある。これを「自己液状化現象」と私は勝手に呼んでいる。

⑤ 直前の大雨が液状化促進

この大地震の3日前、10月20日は、台風の影響でかなりの大雨があった。長岡市内を流れる信濃川は水位が高水敷を埋めるほどの高さとなり、警戒水位を突破していた。長岡市内で雨は10月19日午後3時頃から降り始め、10月21日朝9時頃まで降り続いた。台風の雨だから広い範囲に及んだと思われる。ということはこのあたり一帯、つまり中越地震災の地域では、山も丘も田も畑もそこら中の地盤がたっぷりと雨の水を含んで「あたり一面水浸し地盤」となっていたのである。地下水位の高さは降雨に影響されやすい。普段は地下水位の低い所でも、この時は地下水位が高くなっていた可能性がある。そこへ大地

震である。降り続いた雨が十分地下に行き渡っていたために、「液状化」がそこら中で促進されたのではなかろうか。

5 耐震対策

以上、強い地震が連続して何回も襲ってきた新潟県中越大震災では、地震被害の原因として主たるものとされる「液状化」とともに、「叩き上げ」「お茶筒現象」「大玉せり上がり」「自己液状化」「水浸し地盤」の5つを上げてみた。

これらの推理をもとに対策を考えてみると、次のような事柄が現実的ではないだろうか。

① 転圧を期待しない埋め戻し材料

施工管理において埋め戻し土を十分に転圧することの必要性については、すべての関係者が意を用いているところであるが、現実には十分に行われていない場合があるように思う。転圧が不十分でも大丈夫なような、一種のフルブルーフ注-3というか、フェイルセーフ注-4の原理を導入して、転圧に期待しないでも大丈夫なようにしておく方

が現実的ではなかろうか。もちろん十分な転圧は必要であって、これを不要と言っているわけではない。

② 砕石と改良土

国土交通省の下水道地震対策技術検討委員会の提言では、碎石や改良土での埋め戻しが示されている。長岡市では、被災した管渠の入れ替えに当たって、掘削した土を「残土」とするのは忍びないということで、これにセメントを若干混ぜて改良土として埋め戻しに用いることとしている。もともとが「砂埋め」であったのだから、掘削して出てくる土も良質な砂質土である。残土の発生も抑制され、碎石などの新たな材料の購入もしないで済ませられる。むろん碎石の入手が容易な地域では碎石による埋め戻しも可である。

③ マンホールのフーチング

注-3 フールブルーフ
誤操作をしても危険にさらされることがないよう設計の段階で安全対策を施しておくこと。

注-4 フェイルセーフ
トラブルが発生した時に、事故に発展しないよう安全な方へ機能するように設計されていること。

円筒形のマンホールの底に、マンホールの外径よりも大きなコンクリートの板(これをマンホールフーチング、略してMFと呼ぶ)を取り付けておくのも、浮き上がり防止に効果的ではなかろうか。マンホールが浮上しようとしてもMFが押さえになる。浮上するにはMFの上部の土も持ち上げなければならない。このMFはマンホール築造時の掘削幅目一杯に打った、現場打ちコンクリートで十分であろう。

④ さかさ卵形管

前述のMFと同じ原理で、卵形管も上が太くて下が細いと浮かびやすいので、これをさかさにして水滴の形のように敷設してはどうだろうか。卵形管の特徴が一つ失われるが、「浮上しにくい」という別の特徴が出てくる。

⑤ 推進工法のすすめ

開削工法では埋め戻しの土が液状化するおそれがあるが、推進工法ならば砂地盤でない限り、そのおそれが少ない。近年は開削工法よりもコストの低い推進工法が多種類出回っているので、この際、この方面への目配りもしておこうとよいように思う。そのためには、推進工

法の大幅な「価格破壊」を期待したい。

⑥ 重たい管渠材料

軽い管渠材料には、それなりの大きなメリットがあり、それゆえに今日の隆盛が築かれている。しかしここにきて、軽いから浮上すると言われている。そこで改めて、陶管、ヒューム管、レジン管、ポリエチレン管、鋳鉄管などなど、原点に立ち返って考えてみるのもよいことではなかろうか。

⑦ マンホールのかぎ

マンホールの蓋を開けるには特殊なフック(マンカギとも呼ばれている)が必要である。管渠の維持管理の必需品である。ところが、マンホールを開ける穴の形状は各都市で微妙に異なっている。災害支援に行った都市の人が自分たちが持っていたフックでは蓋が開かなくて困ったそうである。小さなことではあるが、地震対策の点からも統一化に向けてすぐ動きたいところだ。

6 復旧・支援体制と危機管理のISO

以上、耐震対策についてみてきたが、中越大震災の現場での体験から今後

の地震対策について少しく述べてみる。まずマンホールが何らかの形で道路から出っ張っている箇所は、危険であるとともに、交通の障害になる。特に救急車やパトカーなどを通すために緊急断裁する必要がある。撤去すれば道路に穴が開くからカットして元に戻すという作業は、それ自体は物理的には難しくはないが数が多いので、速やかにカットする方法を考えなければならない。

一方、管渠の場合、道路表面に何の被害も出ていなければ、浮上しているのか詰まっているのかが分からぬ。水道であればペットボトルや給水車で補給できても、下水はそうはいかない。対応対策も大がかりになる。今回は運よく水があふれるということはなかったが、詰まった水を早急に汲み出すためには、バキュームカーを配備しておくとよいと思う。水中ポンプでの排水には、発電機と燃料が必要になるが、とりあえず緊急時にはこれが一番効果がある。

また、災害支援マニュアルづくりも必要だ。被災地では人命救助が最優先される。したがって関係者が支援に駆けつけても、被災地の役所の機能はストップしているので、下水管がどうなっているのかなどわからない。図面はない、

4 下水管路の 地震対策と性能規定

処理場とは連絡が取れないという状況になってしまう。そして、外部の支援者には被災地の地理が分からぬから行きたいところにも行かれず。できれば上下水道工事店とか、それぞれの町に詳しいコンサルタントや案内人を組織しておくシステムも必要だと思う。

確かに大きな地震は滅多に来ない。だから、毎日の多忙な仕事のルーチンの中に入ってきたくい。緊急時の体制についての備えができていないことがある。地震がきて初めて「災害時の相互支援協定」を紐解いたりした都市もあったという。

そこで、「普段から災害に備える体制を十分にとっている」ということを証明する仕組みが欲しい。品質管理や環境管理のISOのような「緊急時の対応」が十分に行われることを保証する認証システムである。各自治体で、それぞれの地域に即した防災対策を計画し、訓練して、いつも災害に備えておく。すると、「この街は地震がきても大丈夫なようになります」「安心して暮らせる街ですよ」と、政府機関なり、協会や団体なりがハンコを押すというシステムはどうだろうか。ともかく何か新しい仕組みを考えていきたい。

7 下水管路における性能規定

耐震設計指針には管路についての記述もあるが、100%適応しなければならないというルールではない。またそれをやっていたとしても、今回の地震にはそれだけでは間に合わなかったのではないかと思われる。つまり、阪神淡路大震災の時は管路の浮き上がりはなく、1回の大きな揺れで割れたり外れたりしたので、これに対応するように、ゆるゆると可撓性があって外れない、漏水が起きない、というマニュアルになっている。

性能規定の考え方 現在までの管渠の設計では ゼロに等しい

しかし、今回は何度も揺られて、マンホールや管渠に浮き上がりや沈下が起きた。液状化対策など耐震設計を見直そうと委員会をつくって耐震性能の改良を目指しているところだったが、予想とは異なる新しいパターンの地震が起きた。構造物の強度計算は、強い、弱いという、最初の大揺れしか考えていないかった。何度も何度も揺すられ

るなど、想定外だったわけである。

耐震設計をはじめ「性能規定」という考え方では、今まで管渠の設計においてはほとんどゼロに等しく、レベル2に対応するにはどういった性能であるべきかという具体案がないというのが現状である。可撓性の継手が望ましいと言われながら、導入していない都市が大部分というのが現実だ。

一つには、地中に網の目のように張り巡らされた管渠に耐震設計を持ち込む際の経済性との問題がある。重要施設、あるいは土質などから優先順位が高いと言われても、財政面で無理がある。いつまでに行えという期間も決められていないので、「地震が起きたらしようがない」「事後対応の方が安上がりだ」ということになってしまう。

そこで、耐震化するための下水管路の性能規定化を目指して、まず財政に裏付けられた数字と時間を入れた計画を立てる。5年後はここまで、10年後にはここまでと、具体的な目標を上げて形にしていく。それと同時に、性能規定化をしていくに当たって、管渠の場合、はっきりしていない耐震の有効性の検証法をいくつも積み重ねながら形にしていく。



東京上空から

大都市ほど地震への備えが欠かせない

PROFILE

藤田 昌一 ふじた・しょういち

1966年3月 東京大学工学部都市工学科卒、同年4月東京都下水道局、建設省都市局下水道部、日本下水道事業団、財団法人下水道新技術推進機構などで一貫して下水道事業に従事
2002年9月 長岡技術科学大学
環境・建設系教授
06年4月 東京設計事務所
理事技術相談室長



例えば、全国の自治体数十箇所で耐震設計の管渠やマンホールを敷設しておけば、1年もたてばどこかで地震が起るので、耐震性能が実地に検証できることになる。地震の規模やパターン、地域的特徴などを含めて検証し、総合的な判断ができる。あるいは、限りなく実物に近い大規模な実験施設をつくって、各地で編み出した耐震法での実験・分析・評価を行うという方法も考えられる。

自分の存命中は、地震はもしかしたら起こらないかも知れない、などと思っているから後回しになってしまふ。日本を本当の意味でも成熟した社会にするためにも、日本国全体のレベルを上げて、品格のある国家にしていかなければならぬ。次世代のために安心して暮らせる環境をつくり上げておくのが私たちの役割だ。行政をうまく取り込んで、企業や地域が一体となった粘り強い安全へのアプローチが必要だと思う。(談)

interview-1

舗装における性能発注とこれからの課題

舗装業界では平成10年度末に性能発注が取り入れられた。

そこでは何がどう変わり、どういった問題や課題が生じ、解決され、これから取り組まれていこうとしているのか。

NIPPOコーポレーション技術開発部長の渡辺雅夫氏に話を聞いた。

株式会社
NIPPOコーポレーション
技術開発部長 **渡辺 雅夫**

聞き手
G&U技術研究センター
所長 **中川 幸男**



舗装における性能発注への取り組み

現在、いろいろな業界で性能規定化がある程度進んできているという状況にあります。そこで、舗装における性能規定の経過と現状、これからの課題、どうやっていこうとしているかなど、一連の流れからお話ししていただけますか。

渡辺 舗装の性能発注は、平成10(1998)年度末、11年の2、3月くらいに発注された工事から始まりました。舗装には、以前は「アスファルト舗装要綱」という舗装の本があったのですが、13(2001)年に新しく「道路舗装に関する技術基準と解説」や「舗装設計施工

指針」という本が出ました。これは10年度末の結果も受け、将来の発注方式といったことも見据えて出されたものです。これらの新しい本には性能発注の方向性も記されています。

まず舗装の性能とは何ぞや、というと、基本的なものが3つあります。

①破壊 破壊には疲労破壊、舗装をどういう重さの車が何回通ったら壊れるかという構造的な強さ

②塑性変形輪数 大型自動車の荷重がどのくらいの回数かかるとどれくらい轍(わだち)掘れができるかということ

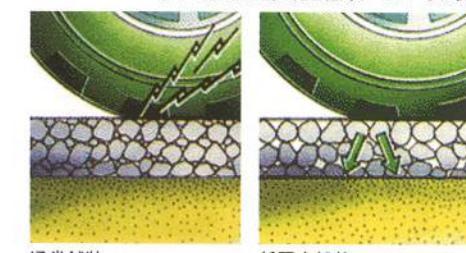
③平坦性

この3つが舗装における性能の必須項目となってきます。それにプラス・アルファして、新しい基準などでは基本的に透水機能をもたらすようということになってきています。全部とは言いませんが、メインの通りとか生活道路などです。排水性舗装、透水性舗装と言われていますが、付加項目として、3つの基本性能の次に位置づけられるものです。そして、その他の機能として、すべり摩擦抵抗だと、耐骨材飛散、耐磨耗、騒音の発生の減少等、こういうものもそれぞの状況において取り入れてもいいよ、ということになっています。

平成10年度末から現在まで、何が



RAC車



(国土交通省近畿地方整備局ホームページから)

通常舗装
タイヤ溝と舗装面の間に挟まれた空気の逃げ道がなく、空気圧縮音、膨張音が発生。
低騒音舗装
空隙に空気が逃げ、音が生じにくい。

一番やられているかといえば、音、低騒音です。性能発注が始まってから5、6年ずっと、音と透水性、塑性変形輪数、平坦性、この4つが通常、性能項目になって発注されています。透水性と塑性変形輪数、平坦性は、昔から仕様規定でも、いろいろ試験もして、その数字にしなさいよというのありました。ですから、この3つについては性能発注といっても新しいことではなく、普通にやっていればクリアしたわけです。何が問題になったかというと、音です。

性能発注に必要なものは、性能指標、規格値、そして確認のための試験法の3つです。それを発注者も受注者もある程度納得した上でやっていくということも必要になります。しかし、音というのは、われわれ業者から見ると、かなり唐突な感じで来た、というのは事実ですね。音も性能発注にしようという国交省の強いリーダーシップがあったということは十分理解しますが、われわれも別途少しづつ研究はしていく、という姿勢でした。

音は難しいんですよ。騒音は、車ですからエンジンからも出るし、タイヤと舗装がぶつかっても出る。交通量が多いほどどうるさい。それをどこで聞く

か。舗装工事は舗装とタイヤとの話だから、それ以外は除外しておかなければならないわけです。

国交省もそれを配慮して、タイヤの音しか拾わないRAC車(路面騒音測定車)という測定装置を新たに取り入れて何十カ所の管轄道路の排水性舗装を走らせてみた。そして、縦軸に音のデシベル、横軸につくつてからの経過年数

のが本当に的確な数字なのかというのも分からず、まったくの手探り状態からのスタートでした。

——89デシベルをクリアするためには、従来の舗装とはかなり変わってくるのですか。

渡辺 一般論的に言うと、音というのは、まず、材料である一個の石の粒を小さくしてやるか、あるいは排水性アスコンの空隙率を増やして、空気をいっぱい逃がしてやれば、音は小さくなる。

それから舗装の厚さは普通5cmなのですが、それをもっと厚くしてやるとか、定性的なことは一応分かる。が、しかし、それがどれだけ寄与するかということについては、確定的なところでは分からない。それぞれの試験法で答えが違ってくるし、試験機の癖などもありますから。

そこで定性的な方法でやってみて、みんなが飛びついたのが、石を小さくするという方法。一般的には石の粒の大きさは13<5(13mmより小さくて5mmより大きい)mmなのですが、10<5、8<5とか、

サイズを小さくするんです。しかし、いずれにしても効果があるのかないのか、効果はあるとしてどれくらいあるのかとか、いろいろやってみましたよ。ところが、

性能発注で問題になったのは、音です。

を入れてグラフにしたのです。そこで平均値でもって線を引いて出てきた数字が、できたばかりの舗装が89デシベル、1年後が90デシベル。この平均値が性能規定値になった。平均値が規格値になったのですよ。「うーん?」というのがあったけれども、そこそこ大手は、まあ、うちならちゃんとやれるだろう、と。

ところが、実際に取り組もうとしても、RAC車はどうやって音を拾っているのかわからない。当時、その機械は全国に1台しかなくて、貸してもらえないわけです。どうやればどういう結果になるのか、何にも分からない、89とか90という

舗装における性能発注とこれからの課題

同じ10<5mmの石の粒といつても、材質や滑らかさ、産地の違いなどで、石の表面の加減というものがずいぶん変わってくる。

私も始まった当初4、5年は、何十件と検査に全部立ち合いました。でもね、これは低いとか高いとか言われても、全然分からなかった。それに、社内的には完全に同じスペック（仕様書）でやっても、こっちは合格ギリギリで、こっちはものすごく優等生だった、などということがある。合格ギリギリと優等生の音を耳で聞いてもさっぱりその差がわからぬのです。納得いかないわけですよ。

——音以外の項目についてもある程度の試験法はそれなりに決まっているのですか。標準型のようなものがありますか。

渡辺 性能指標と試験法は原則としてセットで考えられています。ほとんどは妥当なものと思っていますが、RAC車による騒音測定とすべり抵抗測定車によるすべり抵抗値の測定法は問題ありと思っています。研究開発ができない測

すべりって、とってもデリケートな問題です。

定方法では何もならないわけですよ。役所の研究機関も今では、民間の方がどんどん研究開発してください、それに対して国交省などの役所が評価だと使い方などを考えてきましょう、というよう

なことを言っている。ところが、役所しか持っていない測定車とか、実際の道路を通行止めしなければ測れないような試験法が採用されたのでは、技術開発ができるわけがないのです。



すべり・メンテナンス、舗装とマンホール

——道路の摩擦について、すべり抵抗値やすべりの性能規定は、平成13年に出た本の中に盛り込まれていますか。

渡辺 すべりを性能指標とする考え方はありませんが、規格値はないです。すべりの性能発注が出たというのも、私が知る限り1件しかないです。すべりって、とてもデリケートな問題でしょう。今度の本でもあまり詳しくは書かれていませんし、結構測られている割にデータは公にならないんですよ。また、道路のすべりは試験法も試験条件もさまざまで、一概にすべり抵抗値がいくつと言つてもそこにはかなり大きな違いがあるのです。微妙な話をする時は、プロ同士で

なければ誤解を受けやすいので数値までは言えないというところもある。

昔から行われているの

は、大型バスのような摩擦測定車を使います。国交省など役所は10台くらい持っているようですが、民間にはありません。民間や一般の道路の施工管理で使われているのは、ポータブル式のスキッドレジスタンステスター写真-1でBPN（英国式すべり抵抗値）という、すべり抵抗値が出てくる。これはイギリスで開発された試験法で、昔から広く使われていて世界中にデータがあります。

最近ではDF（ダイナミックフリクション）テスター写真-2というのがある。これは動摩擦係数でやるもので、時速40kmの時の摩擦でいくら、60%の摩擦ではいくら、とやりますから当然速度によって摩擦係数は変わってきます。つまり、実際の試験車の走行の速度で摩擦係数が変わってくるわけです。それから自動車のブレーキはどうなっているのか。今

の車は完全にロックはしませんから、今度は車のスリップ率と摩擦抵抗で、また値が違ってくる。温度でも違ってきます。ですから、いくら数字を並べても、それは一体どういう数字なのかと突き詰めていくと、よほどのプロでないとわけが分からなくなってくる。特に、事故などが起きた時に、それが証拠物件になったりすると、またさらに複雑になる。だから、すべりについては、どちらかというと実はみんな触りたがらないというのが実情でしょうか。

——すべりの問題で、実際の舗装施工時にここまでやっておかなければいけないんじゃないかなという、目標、目途のようなものはありますか。

渡辺 すべりというのは、施工ではつくり込めないもののなのです。もちろん施工中にアスファルトが滲み出して表面がべトべトに仕上がったなどというのは論外ですが、それなりの材料を使って、それなりの施工をすれば、それなりになるはずなんです。

アスファルト舗装というのは黒くなっていますが、ちょっと使われると石が出てくる。石にもいろいろあって、同じ岩質のものを使ってもすべりにくいものと、すべりやすいものがあるんです。だから、すべりの問題は、施工時とか、すぐにと

いうわけではなく、使われていて石が出てきて、タイヤでこすられて磨かれていくってからのものなんです。

——では、舗装の施工時にすべり抵抗値などの値を持ち込もうということ 자체は、業界としてはあまり考えていないということですか。

渡辺 いや、大切なことだと考えています。先程それなりの施工と言いましたが、一般的に使われている振り子式の試験機の数値を出して、施工時には間違なくつりますから。1年後にはこれくらいの値で求められることもあります。

ただ、私たちの仕事はつくった時点で引き渡すので、3年5年経って何かあった時に、そこまではなかなかフォローしていけないということはある。でもその辺をきちんと想定して使用する石を選定するのも大切な技術力と思っています。誰が費用を負担するかはさておき、すべりやすくなったから打ち替えるなどというようことはしたくありませんから。

——今まででは、でき上がったものを引き取った後は、発注者が全責任を負うのがだいたい普通でしたね。ところが、性能発注になってくると、施工者も引き渡した後も性能を保証するという意味から、将来とも責任を分担して持とうという

流れになってきています。舗装の場合は、特に消耗が激しいわけですが、経時に見ていった場合、初期性能はどう保証していくのですか。

渡辺 舗装では原則として、性能はつくった時点のものという考え方があります第一番にある。舗装の性能を経時に考える時に問題になってくるのは、まず交通量。交通の輪荷重は耐久性に対して4乗でかかるんですが、何年で一方向あたりどれくらいの交通量と言えども、実際に舗装のどのあたりを大型車など何トントラックがどう通って、その輪荷重はどれくらいだったということは正確には分からないわけです。それから温度なども関係してきますね。舗装は使用される条件でかなり変わってくるものなんです。

——発注者側は使用状況が分かっていて、それに合う道路をつくってくださいというのが、性能発注ですよね。性能項目によって、何年後にあるべき数値というような規定はありますか。

渡辺 あまり長期間にわたるものはありません。だいたいのプロットの線はありますけどね。最初にお話しした3つの性能発注のうち、音にだけはほとんど全てに1年後の数値があって、透水性と



写真-1 ポータブル式スキッドレジスタンステスター

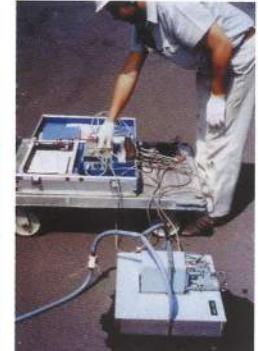


写真-2 ダイナミックフリクションテスター

舗装における性能発注とこれからの課題

舗装はメンテナンスをしながら使っていくものです。

轍掘れに対する抵抗性についてはできすぐのものだけです。これは、標準的にやられている性能発注の場合ですが、雪とか砂とか、それぞれの地方の特殊な環境によっても変わってきます。例えば、北陸など雪の多い地方では、1年後に透水性も測定する場合もあります。しかし、ノーメンテで2年後は無理ですね。

舗装というのは、メンテナンスをしながら使っていくものですから。透水性も機能回復ができます。舗装はきちんとメンテナンスをしていけば、結構持つものなのです。

実は、透水性舗装と排水性舗装は違うんです。透水性舗装というのは歩道なんかで使っているので、水を全部地中に帰すんです。排水性舗装は、表面の透水層の下にちゃんと不透水性の舗装があって、水を横に逃がして排水溝に流すというものです。要するに、土に水をやると弱くなつて、今度は舗装全体の耐久性がダメになるから、原則的には水を入れない。横に流すか、下に流すかの違いですね。歩道はほとんどが透水性で、荷重も人間くらいだから下の土に水が入つても自然と元に戻つ

てくれますから。

ここ2、3年、車道透水性ということが言われ出しました。それは、ヒートアイランドから始まって、都市型の豪雨がありましたね。洪水が起きないように調整池などあるわけですが、道路でそれができないか。要するに全部水を染み込ませれば、洪水の予防になるだろう、と。

——道路は傷むでしょうね。

渡辺 道路は傷むから、なるべく材質を考えてやって、下の土のところもすぐに水に弱くなるようなものではうまくない。そこで舗装の下の部分、碎石層のところでうまく水を保たせてやるようにならなければならぬわけです。透水能力には試験機があって、15秒で1000mlの水を飲み込む。それが透水性の規格です。ですから施工する時は、1200~1300mlくらいを目標にやります。でも1年後に性能がどうなるかを予測することはなかなか難しいです。例えば雪国などでは、粉塵ですぐに詰まつてしまつたりしますから。

——アスファルト舗装では、表面の補修、打ち替えはどれくらいの期間で行われるものですか。使われ方次第でしょ

うか。

渡辺 設計的には10年ですが、だいたい表面は7~8年くらいです。使われ方次第で、という考え方方は本当はおかしいということで、今、アセットマネジメント注-1という考え方が出てきているんですよ。それとは別に、ちゃんとMCI(舗装路面維持管理指數)というものもあります。これは、道路が傷んできた時に轍・ひび割れ・平坦性の3つを取り上げて、それぞれの係数から値を出します。その数字を元に、いくつからいくつまでだったら、どのくらいの直し方をしましよう、となるわけです。指標的なものですが、予算面もあるし、それから苦情などの問題がありますからね。また、できるだけ排水性舗装に変えていこうというのがあるから、同じような工事があったら、せっかくだから普通の舗装も排水性に変えていこうかななどということがある。ですから、数字だけすべてを判断するということにはならないんです。

注-1 アセットマネジメント
国土交通省では、道路のアセットマネジメントを「道路管理において、橋梁、トンネル、舗装等を道路資産と捉え、その損傷・劣化等を将来にわたり把握することにより最も費用対効果の高い維持管理を行う概念」と定義し、それを実現するためのマネジメントシステムの構築を進めている。

ヒートアイランド現象緩和と保水性舗装、遮熱性舗装

「環境舗装東京プロジェクト」

都市部のヒートアイランド現象の緩和が期待できる
「保水性舗装」と
「遮熱性舗装」とは…。

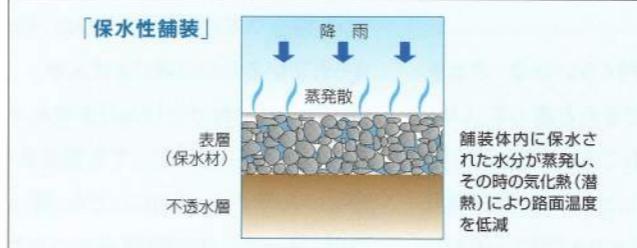
東京都の年平均気温は、過去100年間で3.0℃上昇しており、ヒートアイランド現象は、都市化に伴うエネルギー消費の拡大による排熱量の増加、緑地・水面の減少及び人工物・舗装面の増加による蓄熱の増大と水分蒸発量の減少、高密度利用による風通しの悪化等により発生するとされています。

そしてこの現象の要因のひとつとして道路舗装が考えられることから、同現象の緩和が期待できる舗装として、水の蒸発散によって路面温度を低減する「保水性舗装」と表面で光を反射させて路面温度を低減する「遮熱性舗装」を試験施工しています。



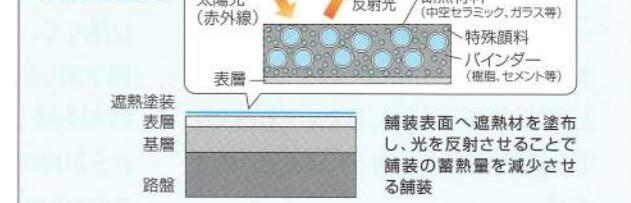
「保水性舗装」

保水性舗装とは、間粒度アスファルト混合物の空隙に保水材を充填したもので、舗装体内に保水された水分が蒸発し、その時の気化熱(潜熱)により、路面温度を低減するものです。



「遮熱性舗装」

「遮熱性舗装」



——舗装とマンホールについては、3倍のまっすぐな定規をあてて隙間がどこで3mm以下くらいに仕上っている状

渡辺 舗装工事を行う際に、マンホールの蓋が出っ張っていると、大きいローラーなどは碎石や土の状態の時に近寄れない。すると、どうしても土の締め固め不足になってくる。だから、いくら上の舗装の時に一生懸命締め固めても沈んでしまう。転圧が弱ければ、舗装は壊れてくる。それからもう一つは、今度は高さが合わないという話です。まずはマンホールありきなので、後から舗装をしてもどうしても合わないんですよ。舗装の仕上がりでは、平坦性を一番重要視します。平坦性の規格値は標準偏差で2.4mmですが、私たちが国交省の工事で目標としているのは1mm以下です。標準偏差1mmをわかりやすく言うと、舗装の上に

りますが。それに、マンホールの蓋を全部更新したばかりだと、予算が取れないからそのままやってくれということになる。仕方がないから、切削する時に、マンホールはそのままにして蓋との段差はアスファルト合材で擦りつけておく。そこに車が来て、ベンツが腹を擦った、どうしてくれる、ということになる。そんな苦情が多いんですよ。

——マンホールの周囲の埋め戻しが悪くても、そういう状態になりますね。
渡辺 マンホールの高さに合わせることはできないが、埋め戻しはできる。しかし、本復旧してもやはり段差は残るんですよ。特に交差点では段差があると事故につながりますから、現場に行ったらまずマンホールの数がどれくらいあるか数えます。

舗装における性能発注とこれからの課題



性能発注における舗装の今後の方向性

—— 今の舗装の材料に取って代わるような新しいものが出てくるということはないのでしょうか。石にしても砂にしても資源が尽きる時がくると思うのですが。

渡辺 いくらでもあります。むしろ、他産業からのごみ箱になりつつある。それも、ちゃんとしたものならいいんだけど、土壤に入っていてはいけない水銀とか鉛とか、有害なものも結構入っている。そういうものは使うことはできません。ごみの焼却灰に始まって、下水道のもあるでしょう、廃ゴム、プラスチック、瓶を碎いたガラスカレットなど、何でも使われています。まるでごみ箱でしょう？

—— 資材としてアスファルトそのものに不足はないのですか。

渡辺 アスファルトも考えてはいますが、代わるものといったらね…。とにかく、アスファルトは安いですから。要は値段なんですよ。アスファルトの混合物はいくらだか分かりますか？ 運んできて、キロ当たり7円ですよ。1tで7000円です。排水性アスファルトはもう少

し高くて、キロ10円くらいかな。それを何か新しいものができたと言って、いい材料を持ってこられても、キロ2000円から3000円します。とにかく、量が要りますからね。アスファルトが値上がりして、トン5万円くらいになったけれども、前は3万だったから、キロ30円。これは水よりも安いでしょう。異常に安い材料

性能発注の導入には唐突の感がありました。

だから、本当の産廃などをどこかで肩代わりしてもらって、ただ同然で回してもらうようにするとかしないと、なかなか市場には入ってこられないでしょうね。

—— 舗装の性能に関する項目について、国際的な整合性はないのですか。

渡辺 整合性はないが、項目はだいたい一緒でしょう。ただ、その試験方法ですね、国それぞれに試験方法を決めた経緯や歴史がありますから、世界で統一なんかできなさいますよ。ISO（国際標準化機構）など世界的な規格もない。

舗装はどこも地場産業ですからね。

—— 世界的な舗装技術の共通化、性能規定への動向というのは、何か考えられているものはありますか。

渡辺 ないわけではありませんが、無理でしょうね。誰にとっても変える必要がないんですよ。ISOにしても、言ってみれば、ヨーロッパの戦略みたいなところもありますからね。それに、変えると言わなくても、日本でも試験から何から全部変えなければならないわけですから。

—— 国内の性能規定化への動きには、国際的な流れに後押しされたとか、仕様規定ではカバーできないなどといった背景があったのかどうか。

渡辺 確かに性能規定化は目玉ですよね。でも国際的流れに後押しされてということではないと思います。今までの仕様に忠実にという概念から脱却して、原点に戻ろうということです。設計や施工の自由度を大きくして新技術の導入を積極的にはかうという目的だと思います。でも、平成10年度末からの導入は唐突の感がありましたね。もう少しきちんと準備をしてからでも良いのではとも思いましたが、先ずは何でも



—— 舗装のヒートアイランド対策というと、どんな方法があるのですか。

渡辺 夏になると、舗装は60度くらいになるんですよ。昼間も暑いし、夜になつても冷めない。これを遮熱性舗装、保水性舗装にすると、最高でだいたい10度以上下がります。保水性というのは、水分をため込んでなかなか抜けにくくして、徐々に気化熱で冷ましていく。遮熱性は、赤外線域の熱に変わ

る波長を反射して吸収させないです。

—— 性能発注になって大きく変わった点というと、プロセスが受注者の判断に委ねられた。自信のある材料、つくり方でやってください、という形になったんですね。

渡辺 そうです。だが、そこでまた問題が出てくる。舗装工事の場合は、まず設計、構造的なもの、それから材料、施工法、品質管理的なもの、これらはいじることができます。けれども、事前にこれらを役所に提出して審査を受けるんです。本来なら何でもかんでも自由にさせてもらって、要するに最後さえよければいいわけです。移行措置なのかも知れませんが、だいたい提出・審査がある。ですから、あまり実験的なもの、裏付けがないとなかなかさせてくれないということ

がある。

それと会計法の関係にしても、クリアになったという話も聞きますが、結局会計検査はありますからね。性能発注ではそれに関する金額の変更は行わないことになっています。ですから明らかに原価が安い工法を提案されても困るんですよ。反対にお金のかかる方法でやらざるを得ない場合は業者の持ち出しになるのですけど。

性能発注の時の役所の積算は従来工法で行われています。これに性能の規定をつけて、性能と価格の両面から業者が競争するわけです。でもどんなに良い工法を提案しても、ほとんどの場合、従来工法ではじいた予定価格をオーバーしたらアウトです。性能向上にお金を払ってもらいたい気持ちは理解してもらえると思うのですが。

今まででは役所の入札は金額だけの勝負でしたから、それに性能が加わった。言いかえれば会社の技術力の評価も加わったということですから、いろいろと問題があるにせよ、大きな前進だと捉えています。技術と経営に優れた会社が伸びることのできる環境が整備されてきているということですから、大切に育てていきたいと思っています。

interview-2

維持管理から見た 下水道管路の 現状と課題

下水道施設を管路の維持管理から考えていくことで
見えてくるものがある。行政・民間・施工者・

維持管理者、緊急対応型・日常的メンテナンスなど、
管路管理から広く問題点や課題が浮かび上がってくる。
管清工業代表取締役社長の長谷川健司氏に話を聞いた。

管清工業株式会社
代表取締役社長
長谷川 健司氏

聞き手
G&U技術研究センター
所長 **中川 幸男**

維持管理の時代に入った下水道施設

——まず、下水道施設全体の中から見た管路の維持管理の現状についてお話ししていただけますか。

長谷川 現在、下水道の普及率は68.1%、総延長は37万kmあります。つくられてから50年以上たった古いものも増えており、統計ではおそらく50年を過ぎた下水道管路が7500kmあると言われています。普及率が低かった時期には、建設に多く予算が使われてきましたが、10年ほど前から維持・管理の時代に入っています。

ここ数年確かに、管理上のトラブル

が顕著に出てきています。そこで管理の重要性に気づいた下水道施設の管理担当者が、ではどうすればいいのかと、改めて問題点に直面し始めているところです。普及率も伸びたし施設も増えたと、ほっと肩の力を抜く、すると古いものがどんどん増えてきていたわけです。そのような意味でも、管理は避けて通れないという現状にあります。私たちが管理する下水道もどんどん増えており、どこの都市に行っても下水道では問題を抱えているようです。

——建設後はすぐに管理をする必要

はないという感覚の自治体が多かったということでしょうか。下水道に関する事故も多いですね。

長谷川 そうですね。下水道が完備されるなど生活環境が良くなることによって、事故は逆に顕著になっています。例えば、東京のオイルボールも、早くに下水道が整備された大都市で、汚水と雨水を同じ管路に集める合流式下水道が原因の事故です。結局はマンホールや溢水に関わる事故ですね。各自治体でも陥没事故の苦情件数が増えていました。ただしそれが溢水に直接関係した陥没かどうかははっきりしませんが…。管渠内での作業事故も増えています。下水管に潜って行う作業が増えています。

——建設後はすぐに管理をする必要



溢水状況

えてきたこともあって、酸欠などによる死亡事故が毎年1件程度起きています。

しかし、要は事故が起きる以前の問題なのです。何で下水道をつくったばかりなのに管理しなければならないんだ、と聞かれことがあります。こちらとしては、何でそこまで放っておくのか、と言いたいですね。軽微な修繕を行えば、事故につながるような大きなものにならないケースも結構あります。掃除をし、調べ、悪いところを直して、ちゃんと保守してやれば、もっと長持ちする。

50年たってやっと調べ始めて、悪いところが出てきたのでどんどん換えていく。といっても、管路自体を新しくしているわけではなく、あくまでも対処療法であって、応急措置を施しているだけなんですね。

——人間の体と同じですね。血管の拡張手術を受けたからといって血管が新しくなるわけではない。古い血管をだましだまし使っていこうと。それより、何でこんなに悪くなるまで放っていたんだということになりますよね。

長谷川 その通りです。下水道は見えない施設といわれますが、人間の体と一緒に、健康診断を受けていても風邪は引く、下水道も一生懸命保守してい

ても不良箇所が出てくる。私たちの仕事は、大病になるのをどうやって抑制するかということなんです。あるいは、つぶたばかりのものにどうして維持管理でお金をかけなければならないんだ、どこか悪いのか、と言われるが、いい状態であることを見るためにするんです。健康

診断と同じですよ。下水道にテレビカメラを入れる。異常なし、という結果が出ると、何も問題がないのならもったいなかったと思ってしまう。何で悪いところが出てこないんだ、と。どうしても投資効果を問われるケースがありますね。

下水道の維持管理をどう考えるか

——下水道の維持管理の問題ですが、全体の37万kmあるいは50年以上経つという7500kmの管路のうちメンテナンスがなされているのはどのくらいですか。

長谷川 実際に維持管理が行われているだろうというのは、全体の2~3割でしょう。

しかし、これには地域差があります。東京などは50年以上の老朽化した下水道が多いことから積極的に調査を行っているので、結果的に数字も高くなっています。また管路更正の対象になるのが50年以上になる老朽化したものの1割くらいと言われています。これはイギリスやアメリカの過去の数字からとって見ているので、実際のところは正確かどうかは分かりませんが、まあ1割くら

いが緊急対応を施すものに入っていくのではないかと考えられています。

——耐久性が問題になりますね。腐食や漏水が原因の事故も多いですか。

長谷川 腐食や浸食の前の状態で、大きな事故の前段階として、マンホールや蓋のガタつきとか、堆積物、取付管や継手の不備などが限定した場所に起ります。

しかし、それよりも浸入水の方が大きな問題になります。陥没が起きるのはどうしてかというと、空洞ができるからです。その空洞になった部分の土砂はどこにいくと思いますか。下水道管です。同じ地中にあっても上水道管はいつも満水ですからね。その上水道管から漏水があったら、その水もやはり下水道

維持管理から見た 下水管路の 現状と課題

管に入ります。地下の構造物の中でも、ものが流れ込む可能性が一番高いのが下水管なのです。腐食は長時間、水がたまって腐敗するような所だけに起きやすいわけですから、浸入水によるものはその10倍ぐらい多いんです。

昔は道路の全部が舗装されていたわけではないので、陥没もすぐに分かりました。今は表面が舗装で固められているので、大きくなつてからドカンとくる。掃除をしていても異常に土砂が多いのがわかります。ですから、定期的な掃除、維持管理を行っていれば、ちょっとおかしいなと、気づくことなのです。管理上出てくる問題としては、管全体の性能よりも継手部分の問題が多いです。また、最近、下水管の枝線で塩ビ管が多く使われるようになり漏水は減っていますが、塩ビ管が偏平しているケースがあります。統計上はあまり出できませんが、管が湾曲しているとカメラを入れても、テレビ画面では分からぬケースがあります。ヒューム管なら、すぐ割れるので分かりやすいんですがね。また、マンホール蓋の表面摩耗も増えています。

——管路の維持管理で、やるべき頻度はどういう考え方でしょうか。

長谷川 千差万別ですね。例えば、清掃だったら5年に1度はやりましょう、テレビカメラで10年に1度は管渠の中を見てみましょうと、ある程度の決め事はあります。それを実施している自治体は少ないです。計画的に維持管理を

コストを考えれば、一時的に無駄な出費をしないで済むのです。例えば、普及率の高い大都市では、10年に1度カメラ調査をするとしたら、何百台カメラが必要になるか分からない、大掛かりに行う費用も無いと言われると、計画的な管理の対象にならず、緊急対応でよいとなってしまう。難しいところです。

——トータルで長期で考えたら、どっちが得かという検討はされたことはあるんでしょうか。

長谷川 あります。そんなにお金をかけなくても、管理はできる

んです。ライフサイクルコストで考えれば、50年経ってどれくらいお金がかかるか。毎年少しづつ、3年に1回でも、ある程度のチェックをしていくことで、50年経てば経済効果を出せます。しかし、行政は単年度予算ですからね。例えば、10年を考えて予算を10年に配分してやるというよりも、10年目にドカンときて、それで払うのも方法だろうという。毎年、予算を少しづつ執行するのは大変だよ、お金もないしと。事故が起きたら、やらざるを得ないからお金は出るよ、というわけです。

民間に委託すれば、「お守り」の仕方も変わってくる。

するよりも緊急対応が絶対的に多いということです。先程、維持管理をしているのは全体の2~3割と言ったのは、そんな決め事までは行かないですが、不定期な清掃や点検なども含めてです。実情は、詰まった、陥没した、テレビカメラを入れたら悪かった、じゃ直さなければいけない。追いかけっこです。

毎年、少しづつチェックしていくか、事故が起きたときにドカンと修理するかです。昔、イギリスに行った時、緊急対応しか出来ないという考えがありました。一方、計画的にライフサイクル

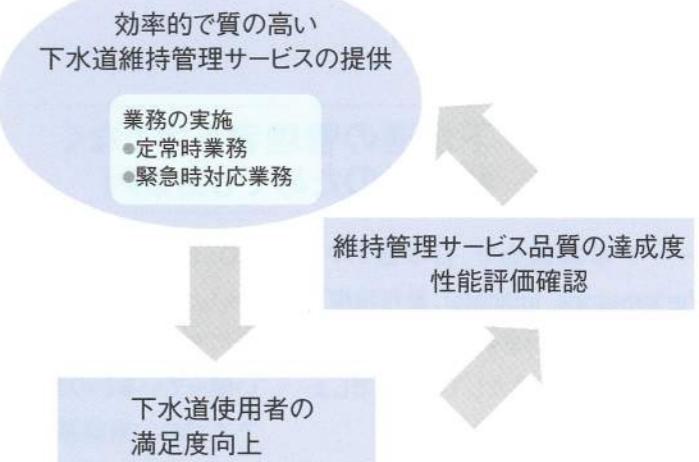
われわれはそれが分かるから、民間に

委託してくれと言ってるんです。事故が受託者にドカンとかかってくるのはいやだから、こまめに少しづつ、やるわけです。そうすると、「お守り」の仕方も変わってくると思う。図-1

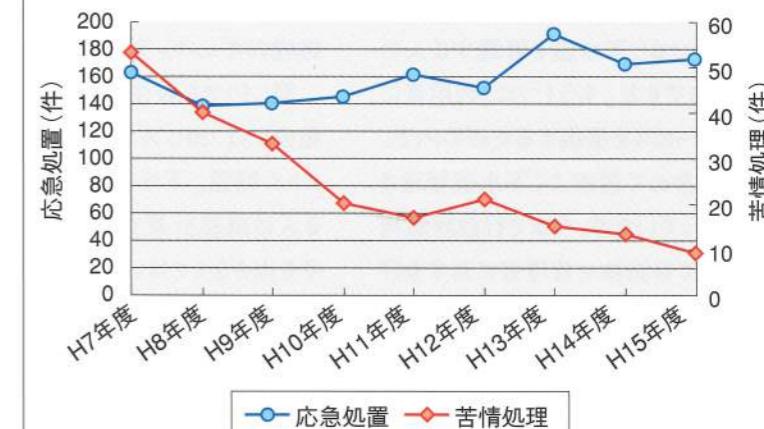
——1つの町で、下水道の調査をしてみると、問題箇所、ポイントは分かります。そのポイントを重点的に対応すれば、全面的に展開する必要はない。日常点検も、ポイントをチェックすれば、大事故を未然に防げるという考え方もありますね。

長谷川 何ミリの雨が降れば、どこが溢れるかという癖みたいなものが分かれますから、その場所に行ってポンプを用意して、マンホールの蓋の飛散や溢水が起こらないように手当しておけばいい。何年か管理していかなければ分かることです。全体調査を1回やってしまうと、非常に管理の仕方は軽減される。全体調査をしましょうというと、お金はないよ、何でやるのという議論から始まる。しかし何か起きたら、対応しなければならず、いくつか事故が続くと、計画的に行う方が良いのか、となる。すると積極的な自治体はじゃ、やろうかということになりますね。

包括的民間委託の評価



A作業所における応急処置と苦情の経年件数



年間契約で管路施設の維持管理業務を受託している管清工業のA作業所では業務実施を継続することにより、次の効果が判明している。
1) 通常の仕様発注で試算した場合より契約金額は2割減となる。
2) 応急処置は漸増しているものの苦情の発生は減少してゆく傾向にある。

維持管理から見た 下水管路の 現状と課題

下水道の管理者だけでなく 利用者のためでもあるPI

——下水道協会で、日本版のPI(Performance Indicator:業務指標)を作ろうとされていますが、維持管理をガイドする役割を果たしていくんでしょうか。

長谷川 国際版は水道、下水道、消費者の3点で、ISO(国際標準化機構)が平成19(2007)年7月の公布を目指していますが、それから出てきた流れで、方向も2つあります。1つは、処理場や管路など下水道の管理者団体(民間、自治体)つまり下水道を管理する人のためのPIですね。もう1つは、利用者に對してサービスを提供するためのPIで、これらを含めて効率よく下水道管理を行なっています。今まで行政評価指標といって自治体や管理者に対する評価指標はありましたが、利用者にどういうサービスが提供できるかというガイドラインやPIはありませんでした。今回それを作ることにより、サービスの中身を情報公開されるわけです。

例えば、地球温暖化の問題でCO₂の数値をどうとるか。利用者からみれば、下水道事業で電気や燃料を使い

CO₂がどれぐらい発生するか、総量でいい。ところが、処理場を管理している人にすれば、流入水1t当たりどれぐらい使っているかの数値が知りたいわけです。特に、京都議定書が発効されて、CO₂の削減が義務付けられています。また、高度処理能力を持った施設がどれくらいあるのか。管理する側にとっては能力の問題ですが、住民にとっては放流水が河川に対して環境に合う基準を満たす水質であるかであって、高度処理のキャパシティなんか関係ない。

同じPIでも対住民という視点でみた場合には、出し方が変わる。例えば、コストの問題。下水道を管理運営している人は損益計算書みたいに細かい数字を出さなくてはいけませんが、住民にとっては立方メートルあたりいくら、でいいんじゃないかな。ただし、自治体どうし、その値段を比較されたら困ります。そうすると、こちらが安い(あるいは高い)理由と、その背景を詳しく説明しなくてはいけない。

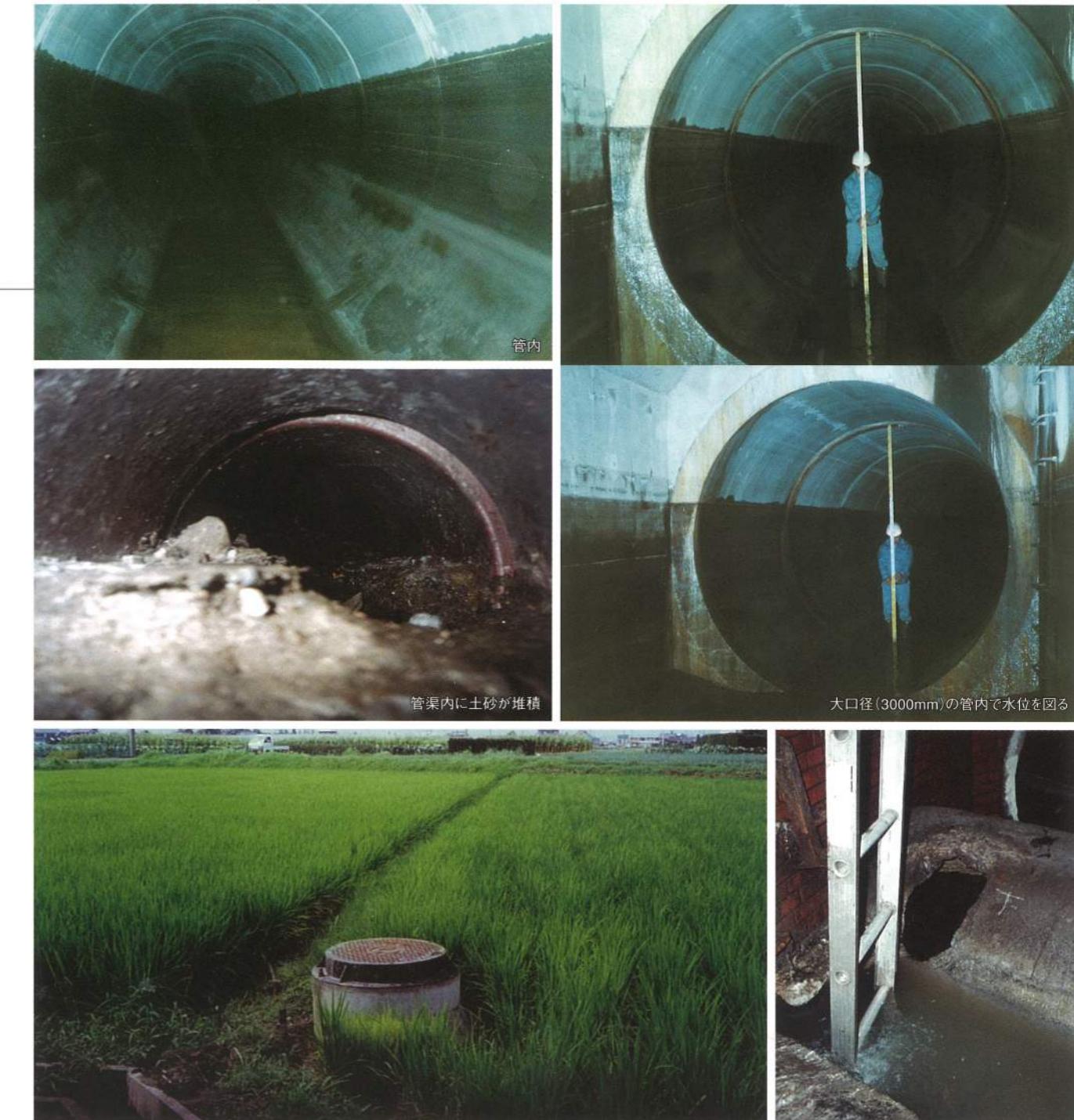
——今回のPIは地球温暖化問題のCO₂削減と結びついているんですか。

そして、何を指標にしているんでしょう。**長谷川** 結びついているのではなく、結び付けて考えたらどうか、ということです。各事業ごとに電力の年間使用量の10%削減といった割り当て目標があります。その数値をとっていく必要性はあるのではないでしょうか。単純に言えば、電力使用量の削減につながつていけばよい。下水処理の効率化という部分に入っていけば、点検等を民間委託することによって効率化ができるのかと聞かれる。その時に、受ける側は「できる」という答えを持っていなければなりません。処理施設の関係者も一生懸命、具体的な処理方法から議論していました。

——PIの中に、維持管理に関する指標はありますか。

長谷川 端的には、苦情の件数の削減とか、職員の数などです。管路の延長に対し、または、人口あたりの苦情の件数が減るか、減らないか。住民へのサービスの向上のガイドラインですから、大きなPIの項目となります。それ以外にも数十項目を作っています。

水道には、137個のPI項目があります。そのうち管理の項目は20個ぐらいでしょうか。パイプの部分はあまり多



くないです。浄水場の水質基準、下水処理場のSS(浮遊固体物)、BOD(生物化学的酸素要求量)、COD(化学的酸素供給量)などをはじめ数字としてとりやすいので、多くなりますね。流

入水と放流水の“入り”と“出”がはっきりしているので、性能的なものが作りやすい。臭気は処理場、管路施設の双方にありますが、処理場の方が話題が大きい。下水道でも100個近いPI

項目を作りますが、管路施設はその2~3割じゃないでしょうか。

下水道は先輩に当たる水道のPI項目を見て、いくつか作ります。運営管理者はPIをその中から自分たちで選んで

維持管理から見た 下水管路の 現状と課題

くださいというスタンスです。全部の項目を行うというのではなく、基本的に自分とその事業の効率化を考えた方が良いのではないかでしょうか。民間に委託する際、契約条項に入れても良い。

維持管理と性能規定

評価の仕組みづくりは難しいですね。維持管理を推進してこられた立場から、これから管路をにらんで、性能とか機能を向上させていくために、こうあつたらいいんじゃないとかいうポイントはありますか?

長谷川 「性能」そのものをいかに担保していくかということが、処理施設ではよく議論されています。前にも話しましたように、処理施設は“入り”と“出”があるから、性能について話しやすい。管路施設は民間に委託して性能発注

大口径管路をつくったら、脇に通路をつくってください。

どういう管理をしてたんだ、となる。そこでの議論がなかなかできないんです。「何も起きないことがベスト」という考え方には、投資効果がないと言われやすい。一番怖い方向性としては、緊急対応型の施設管理になってしまふことで、それではもったいない。現在、国土交通省がアセットマネジメント(資産管理)という言葉を使って、下水道の施設をどのように運営管理していくかをテーマに掲げています。管理をどうしていくかに

ISOの品質管理の基となる考え方には「PDCAサイクル」^{注-1}があります。最初に維持管理の計画・指針を立て、実施し、確認するCの部分、そして見直すAの部分をどうするのか。このISOの

考え方をぐるぐる回していく。下水道サービス向上のためのガイドラインを作り、それがちゃんとできていますか、と。つまり計るモノサシがP1です。



言をすると、逆に「どうしたらいいの」と返された時に、管理を考えた施設が少ないので答える材料が不足しているのが現状です。唯一、マンホールが管理するための大切な施設です。

一口に維持管理といっても、中身は清掃もあれば調査・点検もある。下水道の維持管理とは何か、分解したものはあるんですか。

長谷川 下水道法の言葉でいうと、維持と管理は別なんです。管理は改築で、維持は修繕なんです。改築は補助金の対象になり得るが、修繕はなりません。そこで改築は建設の一部ではないかと言われています。改築はあるものを直すでしょう、これは建設でなく管理じゃないですか、修繕と違うが広義で言う管理の一部でよいのでは、と言っていますが、言葉の定義が分かりません。

維持管理の立場から、建設工事の前に管理のことを考えた設計や工事を行ってくれと、条件を出すべきだと思います。工事は2~3年で終わりますが、維持管理は何百年も続くわけですから。例えば、大口径管路つくったら、脇に通路をつくってください、と言いたいです。管路の真ん中をバシャバシャ歩くのは困る、深いところにある管路に溜まった土砂はどうやって上げるのか、と。管理を前提においていた施設は、建設費はかかるが管理しやすくなります。こういう施設は管理できない、できるにはできるけど莫大な費用がかかります、といった提

下水道法がつくられた時に、管理というのは何か、明確にならない状況でつくれたからでしょうか。

——自治体は維持管理課と建設課に分かれているので、せっかく維持管理で出た問題点が建設する側に十分にフィードバックされていません。維持管理を性能の中に位置付けてどのような施設をつくるかでしょうね。

長谷川 維持・管理とは何か、そこが定義としてきちっとしていない。これからです。建築や道路などの分野には性能規定があり、性能発注の流れがあるよう、下水道の分野もその中に入っているのでしょうか、性能規定の話はまだ展開されていないのが現状で、条件として出すときの表現も難しいものがあります。今後、下水道管理にも補助金が出ることを切望します。

interviewer

G&U技術研究センター
所長 **中川 幸男**



建設省(現・国土交通省)などでの下水道計画・設計の実務経験を活かして、次世代のマンホールおよびその関連技術の研究開発に取り組んでいる。平成16年(2004)年より現職。

株式会社G&U技術研究センター

G&Uとは、Ground&Undergroundを意味しており、Ground、つまり地上空間におけるグラウンドマンホールとその周辺道路、そしてUnderground、つまり地下空間におけるマンホール本体と周辺管路までを主たる研究領域に、これから時代に向けて必要とされる「都市空間における高度な安全環境の創出」をめざしています。

G&U Ground and Underground 2006.Vol.①

発行 2006年4月

発行所 株式会社G&U技術研究センター
〒350-0164
埼玉県比企郡川島町大字吹塙732-157
TEL:049-299-1028 FAX:049-299-1026
URL:<http://www.ground-underground.jp/>

発行人 中川幸男

編集協力 株式会社プロジェクト福岡

アートディレクション&デザイン R-factory

印刷 株式会社ゼンリンプリントテックス